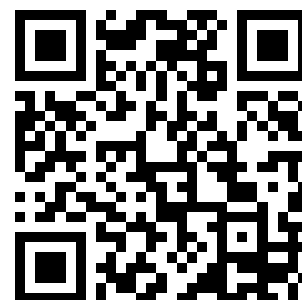

This is a reproduction of a library book that was digitized by Google as part of an ongoing effort to preserve the information in books and make it universally accessible.

GoogleTM books

<https://books.google.com>





Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

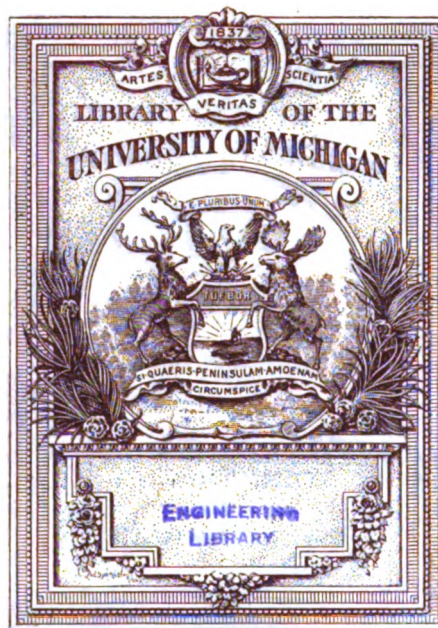
- + *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
- + *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
- + *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
- + *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter <http://books.google.com> durchsuchen.



Der Civilingenieur



Lucas

ENGINEERING
LIBRARY

~~Engineering~~
~~Library~~

TA
3
C58

DER
CIVILINGENIEUR.

ORGAN
DES
SÄCHSISCHEN INGENIEUR- UND ARCHITEKTEN-VEREINS.

UNTER MITWIRKUNG EINER REDAKTIONS-KOMMISSION
HERAUSGEGEBEN VON
DR. E. HARTIG **UND** **A. FRÜHLING,**
PROFESSOREN AN DER K. S. TECHNISCHEN HOCHSCHULE.

J A H R G A N G 1895.
(DER NEUEN FOLGE BAND XLI.)

LEIPZIG.
VERLAG VON ARTHUR FELIX.
1895.

Inhaltsverzeichniss des Jahrganges 1895.

I. Angelegenheiten des Vereins, Sitzungsberichte, Vortrags-Referate.

[Die Zahlen zeigen die Seitenzahlen an.]

Auskolkungen an Brückenpfeilern. Von Prof. Engels . . . 14 Anstellungsgebäude, Ueber das neue — zu Dresden. Vortrag von Stadtbaumeister Möbius 351 Bahnhöfe, Mittheilungen über rheinische und westphälische —. Vortrag von Betriebsinspektor Rother 17 Bahnhofsbauten, Ueber die architektonische Ausgestaltung der neuen — für Dresden. Vortrag von Baurath Prof. Giese 352 —, Ueber den neuen Vertrag des Königl. Finanzministeriums und der Stadtgemeinde Dresden, die — betreffend. Vortrag von Baurath Klette 359 Berieselung von Feldern mit städtischen Abwässern. Mittheilungen von Professor Frühling 197 Betonträger, Ueber neue Konstruktion von —n und Brückentafeln. Mittheilungen von Oberingenieur Dr. Fritzsche 195 Blitzableiter, Bemerkungen über —. Vortrag von Professor Dr. Föppl 16 Bruchbelastung, Ueber — einer grösseren eisernen Brücke. Vortrag von Bauinspektor Lucas 199 Brücken, Sollen wir vorzugsweise steinerne oder eiserne — bauen? Vortrag von Oberingenieur Dr. Fritzsche 4 —, Ueber Schwingungen eiserner —. Vortrag von Geheimrath Köpcke 360 Cairobrücke, Beschreibung der — über den Ohio. Mittheilungen von Geheimrath Köpcke 191 Carola-Brücke, Ueber den Bau der Königin- —. Vortrag von Stadtbaurath Klette 348 Dampfkesselkonstruktionen, Ueber neuere —. Vortrag von Gewerbeinspektor Proessel 348 Eisenkonstruktionen, Ersatz der — einer Wegunterführung der Linie Dresden-Werdau durch Herstellung eines Gewölbes zwischen den vorhandenen Widerlagern. Vortrag von Eisenbahn-Bauinspektor Kaiser 5 Elektrizitätswerk, Ueber Anlage des —es der Stadt Königsberg. Mittheilungen von Professor Frühling 196 —, Die Leipziger —e. Von Ingenieur Kuchenmeister 586 Geognostisches, Ueber — aus dem Zwickauer Steinkohlenreviere. Vortrag von Bergdirektor Arnold 8 Hauptversammlung, Die 136. — des Sächsischen Ingenieur- und Architekten-Vereins am 2. Dezember 1894 in Leipzig 1 —, Die 137. — des Sächsischen Ingenieur- und Architekten-Vereins am 19. Mai 1895 in Dresden 345 —, Die 138. — des Sächsischen Ingenieur- und Architekten-Vereins am 10. November 1895 zu Leipzig 581 Heizung, Ueber Prinzipien der —. Vortrag von Professor Dr. Hempel 361 Jahresbericht des Chemnitzer Zweigvereins für das Verwaltungsjahr 1893/94 203	Jahresbericht des Leipziger Zweigvereins für das Jahr 1893 15 Ingenieurbauwerke, Die theoretische Richtigkeit und architektonische Schönheit von —n. Vortrag von Betriebsinspektor Rother 16 Landesuntersuchung, Die geologische — von Sachsen und ihre Bedeutung für die Praxis. Vortrag von Geh. Bergrath Credner 4 Lokomotiven, Ueber neuere — mit lenkbaren Achsen. Vortrag von Maschinendirektor Klien 6 Mittheilungen aus dem Dresdener Zweigverein des Sächsischen Ingenieur- und Architekten-Vereins 11 — aus dem Dresdener Zweigverein des Sächsischen Ingenieur- und Architekten-Vereins 191 — aus dem Dresdener Zweigverein des Sächsischen Ingenieur- und Architekten-Vereins 359 Mörtel, Ueber das Verhalten des —s unter verschiedenen Umständen. Vortrag von Betriebsinspektor Rother 17 Nachruf an Geh. Hofrath Prof. Dr. Wilhelm Fränkel 265 — des Professors Dr. Karl Eduard Zetzsche 185 Nordostseekanal, Ueber den Stand der Bauarbeiten am —. Bericht von Bahse 193 Pegel, Ueber einen registirenden —. Vortrag von Professor Dr. Schreiber 348 Peilung des Jadebusens. Vortrag von Gerke 194 Peilungen, Ueber — der Weser. Bericht von Professor Engels 198 Personentarife, Ueber — der Eisenbahnen. Vortrag von Betriebsinspektor von Lilienstern 17 Prüfungsanstalten, Bericht über die Vereinigung der dormaligen — für Baumaterialien. Von Geh. Reg.-Rath Prof. Dr. Hartig 4 Sicherheitseinrichtungen, Ueber — beim Eisenbahnbetriebe. Mittheilungen von Regierungsbaumeister Arndt 15 Steinkohlen-Bergbau-Revier, Ueber die geschichtliche Entwicklung des Lugau-Oelsnitzer —s. Vortrag von Bergrath Scheibner 357 Thalsperre, Ueber Anlage der — bei Konstantinopel. Vortrag von Professor Frühling 200 Venezuela und die deutsche Eisenbahn daselbst. Vortrag von Regierungsbaumeister Müller 12 Wehraufsätze, Bewegliche. Von Wasserbauinspektor Grosch 11 Weichen und Signalstellung, Ueber eine neue elektrische —. Mittheilung von Regierungsbaumeister Bahse 361 Zugwiderstand, Einfluss der Form und der Flächenbeschaffenheit der Schiffe auf ihren —. Vortrag von Wasserbaudirektor Oberbaurath Weber 362
--	--

II. Vorträge und Abhandlungen.

[(m. A.) bedeutet: mit Abbildungen.]

Arbeitsverbrauch, Versuche über den — von Bobbinet- maschinen mit Jacquardgetriebe(m. A.). Von W. Zierold	489	Luftverflüssigung, Theorie des Linde'schen Verfahrens der — und Sauerstoffgewinnung. Von Ingenieur Dr. Lorenz	653
Bahnhofsbauten, Die neuen — in Dresden (m. A.). Von Baurath Otto Klette	113	Mandaubücke, Die provisorische — im Zuge der Zittau- Oybin-Jonsdorfer Eisenbahn (m. A.). Von Regierungs- baumeister Müller	273
Bauernhaus, Zur Entwicklungsgeschichte des deutschen —es. Von Eugen Kayser	243	Notizen, Historische — (m. A.). Von Th. Beck	529
Brücken, Sollen wir vorzugsweise steinerne oder eiserne — bauen? Von Oberingenieur Dr. Fritzsche	223	Planetenbewegung, Eine einfache Darstellung der —. Von Professor Mohr	235
Differentialgleichung, Die Entwicklung des Begriffs der — und seine Bedeutung für die angewandte Mathematik. Von Dr. Naetsch	655	Regenmesser und Pegel, Ueber registrirende — (m. A.). Von Prof. Dr. Schreiber	373
Eimerketten-Dampfbagger, Ueber —, deren Betrieb und Leistungen (m. A.). Von G. Grosch	599	Schützenwechsel, Ueber einige neuere — an mechanischen Webstühlen (m. A.). Von A. Baltabol	483
Eisen, Zur Geschichte des —s und der eisernen Brücken. Von Regierungs- und Baurath Prof. Mehrteus	549	Selbsteinstellung, Versuche über die — dünner Wellen um den Schwerpunkt bei hoher Tourenzahl. Von Assistent Klein	519
Entwässerung, Mittheilungen über — steinerne Eisenbahn- brücken (m. A.). Von Eisenbahn-Bauinspektor Rohr- werder	609	Stadtbauräthe, Zur Stellung der künftigen — in Leipzig. Von Professor Frühling	165
Erfindung, Was ist eine —? Von Ingenieur Klimentitsch von Engelmeyer	281	Stauweiher-Anlagen, Ueber — und das naturgemässe Wasser- wirtschaftssystem (m. A.). Von G. Grosch	301
Fachwerk, Das — mit künstlich gespannten Gliedern. Von A. Zschetzsche	425	Strahlschiff „Dresden“, Das — (m. A.). Von G. Grosch	363
Gebäudeeinstürze, Eine Statistik der —. Von Regierungs- baumeister O. Gruner	407	Strassenbahnbetrieb, Ueber — mittelst Gasmotor-Wagen (System Lührig) auf der Strecke Dresden-Wilder Mann (m. A.). Von G. Grosch	465
Gläser, Ueber die neueren Fortschritte in der Herstellung von —n zu wissenschaftlichen Zwecken. Von Privat- dozent Dr. Foerster	387	Strassenbahnen, Ueber —. Von Geh.-Rath Köpcke	103
Grubenventilation, Ueber — (m. A.). Von R. Hausse	19	Trägheitskräfte, Die — einer Schubstange. Von Professor Mohr	591
Hängespindeln, Ueber den ruhigen Gang von schnell um- laufenden —. Von A. Föppl	619	Turbinenwelle, Das Problem der Laval'schen —. Von A. Föppl	333
Kettenlinie, Neue Ableitung der Gleichung der — und deren zeichnerische Bestimmung. Von Prof. Land	501	Verkehrswege, Die Entwicklung unserer modernen —. Von Geh. Hofrath Professor Freiherr von Oer.	151
Landesuntersuchung, Die geologische — von Sachsen und ihre Bedeutung für die Praxis. Von Direktor Dr. Credner	207	Volumenmesser, Ein — für poröse Körper. Von A. Baltabol	511
		Zylinder und Kegelentwürfe, Die Konstruktion schief- achsiger —. Von R. Heger	401

III. Namens-Verzeichniss.

Arndt , Ueber Sicherheitseinrichtungen beim Eisenbahnbetriebe	15	Klein , Versuche über die Selbsteinstellung dünner Wellen um den Schwerpunkt bei hoher Tourenzahl	519
Arnold , Ueber Geognostisches aus dem Zwickauer Steinkohlenreviere	8	Klette , Ueber den Bau der Königin Carola-Brücke	348
Bahse , Ueber den Stand der Bauarbeiten am Nord-Ostsee-Kanal	193	—, Die neuen Bahnhofsbauten in Dresden	113
—, Ueber eine neue elektrische Weichen- und Signalstellung	361	—, Ueber den neuen Vertrag des Königlichen Finanzministeriums u. der Stadtgemeinde Dresden, die Bahnhofsbauten betreffend	359
Baltabol , Ueber einige neuere Schützenwechsel an mechanischen Webstühlen	483	Klien , Ueber neuere Lokomotiven mit lenkbaren Achsen	6
—, Ein Volumenmesser für poröse Körper	511	Klimentitsch von Engelmeyer , Was ist eine Erfindung?	281
Beck , Historische Notizen	529	Köppeke , Ueber Strassenbahnen	103
Credner , Die geologische Landesuntersuchung von Sachsen und ihre Bedeutung für die Praxis	4 u. 207	—, Beschreibung der Cairobrücke über den Ohio	191
Engels , Auskolkungen an Brückenpfeilern	14	—, Ueber Schwingungen eiserner Brücken	369
—, Ueber Peilung der Weser	198	Kuchenmeister , Die Leipziger Elektrizitätswerke	586
Foerster , Ueber die neueren Fortschritte in der Herstellung von Gläsern zu wissenschaftlichen Zwecken	387	Land , Neue Ableitung der Gleichung der Kettenlinie und deren zeichnerische Bestimmung	501
Föppl , Bemerkungen über Blitzableiter	16	von Lilienstern , Ueber Personentarife der Eisenbahnen	17
—, Das Problem der Laval'schen Turbinenwelle	333	Lorenz , Theorie des Linde'schen Verfahrens der Luftverflüssigung und Sauerstoffgewinnung	633
—, Ueber den ruhigen Gang von schnell umlaufenden Hängespindeln	619	Lucas , Ueber Bruchbelastung einer grösseren eisernen Brücke	199
Fritzsche , Sollen wir steinerne oder eiserne Brücken bauen?	4 u. 223	Mehrtens , Zur Geschichte des Eisens und der eisernen Brücken in Europa	549
—, Ueber neue Konstruktion von Betonträgern und Brückentafeln	195	Möbius , Ueber das neue Ausstellungsgebäude zu Dresden	351
Frühling , Zur Stellung der künftigen Stadtbauräthe in Leipzig	165	Mohr , Eine einfache Darstellung der Planetenbewegung	235
—, Ueber Anlage des Elektrizitätswerkes der Stadt Königsberg	196	—, Die Trägheitskräfte einer Schubstange	591
—, Ueber Berieselung von Feldern mit städtischen Abwässern	197	Müller , Venezuela und die deutsche Eisenbahn daselbst	12
—, Ueber Anlage einer Thalsperre bei Konstantinopel	200	—, Die provisorische Mandaubücke im Zuge der Zittau-Oybin-Jonsdorfer Eisenbahn	273
Gerke , Peilung des Jadebusens	194	Naetsch , Die Entwicklung des Begriffs der Differentialgleichung und seine Bedeutung für die angewandte Mathematik	655
Giese , Ueber die architektonische Ausgestaltung der neuen Bahnhofsbauten für Dresden	352	von Oer , Die Entwicklung unserer modernen Verkehrswege	151
Grosch , Bewegliche Wehraufsätze	11	Proessel , Ueber neuere Dampfkesselkonstruktionen	348
—, Ueber Stauweiher-Anlagen und das naturgemässe Wasserwirtschaftssystem	301	Rohrwerder , Mittheilungen über Entwässerung steinerne Eisenbahnbrücken	609
—, Das Strahlschiff „Dresden“	363	Rother , Ueber theoretische Richtigkeit und architektonische Schönheit von Ingenieurbauwerken	16
—, Ueber Strassenbahnbetrieb mittelst Gasmotorwagen auf der Strecke Dresden-Wilder Mann	465	—, Mittheilungen über rheinische und westphälische Bahnhöfe	17
—, Ueber Eimerketten-Dampfbagger, deren Betrieb und Leistungen	599	—, Ueber das Verhalten des Mörtels unter verschiedenen Umständen	17
Gruner , Eine Statistik der Gebäudeeinstürze	407	Scheibner , Ueber die geschichtliche Entwicklung der Lugau-Oelsnitzer Eisenbahn	857
Hartig , Bericht über die Vereinigung der dormaligen Prüfungsanstalten für Baumaterialien	4	Schreiber , Ueber einen registrirenden Pegel	348
Hausse , Ueber Grubenventilation	19	—, Ueber registrirende Regenmesser und Pegel	373
Heger , Die Konstruktion schiefachsiger Zylinder und Kegellentwürfe	401	Weber , Einfluss der Form und der Flächenbeschaffenheit der Schiffe auf ihren Zugwiderstand	362
Hempel , Ueber Prinzipien der Heizung	361	Zierold , Versuche über den Arbeitsverbrauch von Bobbinetmaschinen mit Jacquardgetriebe	489
Kaiser , Ersatz der Eisenkonstruktion einer Wegunterführung der Linie Dresden-Werdau durch Herstellung eines Gewölbes zwischen den vorhandenen Widerlagern	5	Zschotzsche , Das Fachwerk mit künstlich gespannten Gliedern	425
Kayser , Zur Entwicklungsgeschichte des deutschen Bauernhauses	243		

IV. Literarische Besprechungen.

Albrecht, Handbuch der praktischen Gewerbehygiene 415 u. 495	Kurs, Tabellarische Nachrichten über die flössbaren und die schiffbaren Wasserstrassen des Deutschen Reiches . . . 107
Bach, Die Maschinenelemente 175	Labes, Tafeln zur Bestimmung der Querschnitte gewalzter eiserner Träger für Hochbauten 175
Baupreise, Taschenbuch deutscher 181	Leuthold, Das Königlich Sächsische Baupolizeirecht . . . 181
Brennecke, Ergänzungen zum Grundbau 261	Lorenz, Zeitschrift für die gesammte Kälte-Industrie . . . 421
Breuer, Eisenbahnbrücke über die Ruhr bei Hohensyburg, deren Einsturz in Folge des Hochwassers im Jahre 1890 und ihre Wiederherstellung 421	Löwe, Strassenbaukunde 173
Brix, Pfuhl und Nocht, Die Bekämpfung der Infektionskrankheiten 259	Lueger, Die Wasserversorgung der Städte 179
Contag, Die Verbesserung der Wasserverbindungen Berlins mit dem Meere 419	—, Lexikon der gesammten Technik und ihrer Hilfswissenschaften 415
Dunkelberg, Der Wiesenbau in seinen landwirthschaftlichen und technischen Grundzügen 259	Müller, Grundzüge des Kleinbahnwesens 671
Durm, Der Zustand der antiken athenischen Bauwerke auf der Burg und in der Stadt 495	Oppermann, Allgemeine und Technische Bedingungen für die Verdingung und Ausführung von Arbeiten und Lieferungen zu Ingenieur-Bauten 179
Ebenhof, Ritter von, Bau, Betrieb und Verwaltung der natürlichen und künstlichen Wasserstrassen auf den internationalen Binnenschiffahrts-Kongressen in den Jahren 1885—1894 497	Parnicke, Die maschinellen Hilfsmittel der chemischen Technik 177
Gruner, Gesundheit und Behagen in unseren Wohnhäusern 573	Raschdorff, Rheinische Holz- und Fachwerksbauten des 16. und 17. Jahrhunderts 109
Haarmann, Die Kleinbahnen 675	Ressel, Joseph, Denkschrift an 569
Haenel, Einfache Villen und Landhäuser 571	Rettig, Neue Schulbank 567
Hafen von Harburg 423	Ritter, Der Brückenbau in den Vereinigten Staaten Amerikas 417
Hartwig, Das Gasglühlicht 263	Schulze, Die Dachschiefer 261
Hazen, The filtration of public water-supplies 417	Sturmhöfel, Akustik des Baumeisters 411
Heller, Die Wasserversorgung der Landeshauptstadt Linz 417	v. Tiedemann, Die Lüftung der Viehställe mit erwärmter Luft 675
Herrmann, Die Lausitzer Granite 575	Tolkmitt, Leitfaden für das Entwerfen und die Berechnung gewölbter Brücken 497
Hoppe, Lehrbuch der Technischen Mechanik 669	Ulbrich, Bürgerliche Baukunde 575
Jasinski, Recherches sur la flexion des pièces comprimées 493	Wegner, Die mechanische Abwicklung eines geschlossenen Verkehrs 263
Keck, Vorträge über Graphische Statik 175	Wildbach-Verbauungen, Denkschrift über die aus Anlass der Ueberschwemmung im Jahre 1882 in den Jahren 1883—1893 ausgeführten — in Tirol 423
Kurs, Die Karte der flössbaren und der schiffbaren Wasserstrassen des Deutschen Reiches 107	

V. Verzeichniss der Tafeln.

Tafel I. Hausse, Ueber Grubenventilation.

- „ II—VI. Klette, Die neuen Bahnhofsbauten in Dresden.
- „ VII—VIII. Müller, Mandaubücke der Zittau-Oybin-Jonsdorfer Eisenbahn.
- „ IX—XI. Grosch, Ueber Stauweiher-Anlagen.
- „ XII—XIII. Grosch, Das Strahlschiff „Dresden“.
- „ XIV—XV. Schreiber, Registrirender Regenmesser und Pegel.
- „ XVI. Zierold, Arbeitsverbrauch der Bobbinetmaschine.

Tafel XVII u. XVIII. A. Baltabol, Neuere Schützenwechsel an mechanischen Webstühlen.

- „ XIX—XX. Grosch, Ueber Strassenbahnbetrieb mittelst Motorwagen.
- „ XXI. Beck, Historische Notizen.
- „ XXII—XXVI. Grosch, Ueber Eimerketten-Dampfbagger und deren Leistungen.
- „ XXVII. Rohrwerder, Entwässerung steinerne Eisenbahnbrücken.

I. Angelegenheiten des Vereins.

Die 136. Hauptversammlung des Sächsischen Ingenieur- und Architekten-Vereins am 2. Dezember 1894 in Leipzig.

Gesamtsitzung in der Aula des Bonnerlanums.

Nachmittags 12 $\frac{1}{2}$ Uhr.

Anwesend: 152 Mitglieder und 4 Gäste.

Der Vorsitzende, Herr Geh. Bergrath Förster, eröffnet die Sitzung, indem er die Anwesenden begrüsst und dem Rektorate der Universität, sowie der Königl. Generaldirektion der Staatseisenbahnen den Dank des Vereins für die wiederum gewährten Vergünstigungen (Ueberlassung der Hörsäle und Gewährung freier Fahrt) ausspricht; ferner dankt der Vorsitzende denjenigen Herren, welche bei Aufstellung und Durchführung des Programmes der 136. Hauptversammlung behülflich gewesen sind. — Sodann wird in die Tagesordnung eingetreten.

a) Veränderungen im Mitgliederbestande sind folgende zu verzeichnen:

Ausgeschieden ist:

Herr Baurath a. D. Bernhard Lehmann in Freiberg.
Eingetreten sind durch Aufnahme in der 135. Hauptversammlung in Dresden:

7 wirkliche Mitglieder und hierüber

1 wirkliches Mitglied — Herr Bauinspektor Wapler in Dresden —, welcher seinen s. Zt. erklärten Austritt mit Zustimmung des Verwaltungsrathes wieder zurückgezogen hat. —

1 wirkliches Mitglied — Herr Professor Dr. phil. A. Föppl, z. Z. in München — ist zu den korrespondierenden Mitgliedern übergetreten; es stellt sich daher zur Zeit der Mitgliederbestand wie folgt:

Ehrenmitglieder	8
Korrespondirende Mitglieder	19
Wirkliche Mitglieder . . .	481
Summa	508

gegen 501 der letzten Versammlung.

b) Aufnahme neuer Mitglieder. Die Herren:

- 1) Frommhold, Rudolph, Regierungsbaumeister bei den Staatseisenbahnen in Dresden;
- 2) Strauss, Friedrich Richard, Bergverwalter des Steinkohlenwerkes „Altgemeinde Bockwa“ in Bockwa;
- 3) Meng, Walter, Obergeringieur der städtischen Elektrizitätswerke zu Dresden;

4) Hoeland, Otto Friedrich Karl, Regierungsbaumeister bei der Kgl. Strassen- und Wasser-Bauverwaltung in Zwickau i. S.;

5) Krieger, Ernst Emil, Bergingenieur, Betriebsassistent und verpflichteter Markscheider in Zwickau;

6) Krah, Karl Gustav, Garnisonbauinspektor in Leipzig, werden einstimmig in den Verein aufgenommen; die Auszählung der Stimmzettel hatten die Güte zu übernehmen die Herren Baurath Krantz, Bauinspektor Teubert und Kommissionsrath Michael.

c) Geschäftliche Mittheilungen.

Das aus Anlass der Wanderversammlung in Elsass-Lothringen herausgegebene schöne Werk „Strassburg und seine Bauten“ findet nicht den Absatz, den dasselbe verdient und der die vom Strassburger Architekten- und Ingenieur-Verein aufgewendeten Kosten und Mühen deckt. Der Sekretär nimmt deshalb Veranlassung, die Herren Mitglieder zum Bezuge des Werkes zu dem Vorzugspreise von 16 $\mathcal{M}$ für das ungebundene und 18 $\mathcal{M}$ für das gebundene Exemplar aufzufordern.

Hierauf theilt der Vorsitzende mit, dass der Verwaltungsrath den Herren Mitgliedern Geh. Regierungsrath Professor a. D. C. A. Nagel und Geh. Hofrath a. D. Direktor Dr. phil. H. B. Geinitz die Ehrenmitgliedschaft übertragen habe, wofür diese Herren dem Vereine ihren Dank übermitteln lassen.

Ferner theilt der Sekretär mit, dass der Sächsische Ingenieur- und Architekten-Verein z. Z. noch mit folgenden Arbeiten beschäftigt ist:

- 1) Der Darstellung der Entwicklungsgeschichte des deutschen Bauernhauses;
- 2) Berathung der Zonenbauordnungen;
- 3) Berathung des Antrages, die Verkoppelung städtischer Grundstücke betreffend;
- 4) Berathung des Antrages des Vereins deutscher Ingenieure, die Einführung eines einheitlichen Schraubengewindes metrischen Systems betreffend;
- 5) Begutachtung, die Vereinigung der Prüfungsanstalten für Baumaterialien in Chemnitz und Dresden betreffend, sowie
- 6) Begutachtung der Frage, welche Bezeichnungen den wissenschaftlich gebildeten Technikern in Deutschland nach Ablegung ihrer Prüfungen beizulegen sind.

Auf Anregung des preussischen Herrn Ministers der öffentlichen Arbeiten ist durch Vermittelung des Verbandes deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine dem Sächsischen Ingenieur- und Architekten-Verein der Entwurf eines preussischen Wassergesetzes sammt Begründung nebst einem Erlasse an die Oberpräsidenten u. s. w. mit dem Hinzufügen zugegangen, dass etwaige Aeusserungen über diesen Entwurf mit Dank entgegengenommen würden. Diese umfangreiche Arbeit ist Gegenstand eingehendster Berathung in den zu diesem Zwecke von dem Dresdener und dem Leipziger Zweigvereine eingesetzten, aus Wasserbau- und Bergbeamten, Vertretern der Kulturtechnik, Leitern industrieller Werke und Erbauern von Wasserwerken zusammengesetzten Kommissionen, sowie im Verwaltungsrathe des Sächsischen Ingenieur- und Architekten-Vereins gewesen.

Unser Verein hat sich der ihm gestellten Aufgabe um so weniger entziehen können, als die Annahme gerechtfertigt ist, dass die jetzige Vorlage, wenn sie Gesetzeskraft erlangt, von Einfluss auf die Gestaltung der Wassergesetzgebung ausserpreussischer Staaten werden kann, und überdies die Vorlage eines Wassergesetzes für Sachsen in nächster Zeit zu erwarten steht.

Auf Grund der gefassten Beschlüsse des Verwaltungsrathes ist das geforderte Gutachten an den Verband erstattet und gleichzeitig dem Königl. Ministerium des Innern abschriftlich mitgetheilt worden. —

Als Berechnungsgeld für die Bearbeitung der Entwicklungsgeschichte des deutschen Bauernhauses wird dem Verwaltungsrathe der Betrag von 400 M bewilligt.

Der Vorsitzende giebt hierauf bekannt, dass die Versendung eines Abdruckes des amtlichen Protokolles über eine Sitzung der Leipziger Stadtverordneten, in der ein Antrag des Stadtrathes zu Leipzig, die Anstellung von Stadtbauräthen betreffend, zur Verhandlung gelangte, an alle Mitglieder vom Verwaltungsrathe ausgegangen sei, weil derselbe die Angelegenheit für den Verein von besonderer Wichtigkeit halte. Der Verwaltungsrath habe bereits erwogen, ob und in welcher Weise er sich in dieser Angelegenheit schlüssig machen wolle, und beabsichtige sich deshalb zunächst mit dem Leipziger Zweigverein ins Einvernehmen zu setzen, um darnach die weiteren Schritte zu ergreifen.

Die Versammlung billigt durch lebhaften Zuruf die Absichten des Verwaltungsrathes.

d) Vorlage des Haushaltplanes für 1895. Herr Baurath Rachel giebt als Vereinskassirer zu dem, jedem Anwesenden gedruckt vorliegenden Haushaltplan für das Jahr 1895 die erforderlichen Erläuterungen, worauf dieser Haushaltplan einstimmig genehmigt wird.

e) Wahl der Rechnungsprüfungskommission für das Jahr 1894.

Als Mitglieder der Rechnungsprüfungskommission für das Jahr 1894 werden einstimmig gewählt:

Herr Kammerrath Schanz,
„ Kommissionsrath Michael,
„ Intendantur- und Baurath Grimm.

Von diesen Mitgliedern ist nur Herr Kommissionsrath Michael anwesend. Derselbe nimmt die Wahl an.

Die beiden abwesenden Herren sollen zur Annahme der auf sie fallenen Wahl noch schriftlich ersucht werden.

f) Hierauf ertheilt der Vorsitzende dem auf Einladung des Verwaltungsrathes als Gast erschienenen Herrn Geh. Bergrath Credner das Wort zu einem Vortrage über:

„Die geologische Landesuntersuchung von Sachsen und ihre Bedeutung für die Praxis“,

welcher seinem Wortlaute nach im Vereinsorgan „Civilingenieur“ zur Veröffentlichung kommen wird.

Der Vortrag findet den lebhaften Beifall der Versammlung und spricht hiernach der Herr Vorsitzende Herrn Geh. Bergrath Credner den besonderen Dank des Vereins aus, auch dafür, dass er die Veröffentlichung seines Vortrages im „Civilingenieur“ zugesagt habe.

g) Bericht des Herrn Geh. Regierungsrathes Professor Dr. Hartig über die Vereinigung der dormaligen Prüfungsanstalten für Baumaterialien.

Nach Erläuterung der bisher im Verwaltungsrathe behandelten Vorgänge berichtet Herr Geh. Reg. Rath Dr. Hartig als Mitglied der hierzu gewählten Kommission an der Hand der als Anhang zum Programm der heutigen Versammlung abgedruckten Leitsätze über die dem Verwaltungsrathe vom Kgl. Ministerium des Innern zur Erörterung und Beantwortung vorgelegte Frage, ob es zweckmässig sei, die beiden zur Zeit in Chemnitz und Dresden bestehenden Prüfungsanstalten für Baumaterialien zu vereinigen.

Die Kommission ist auf Grund eingehender Erörterungen dazu gekommen, diese Frage zu verneinen, und hat dies in dem ersten Leitsatze zum Ausdruck gebracht. Auf Antrag des Herrn Referenten gelangt zunächst dieser Punkt, nachdem sich auf Anfrage des Herrn Vorsitzenden Niemand dazu zum Worte gemeldet hat, zur Abstimmung und wird darnach einstimmig angenommen. Nach weiterer Begründung der Punkte 2) und 3) werden auch diese ebenso wie weiter auch Punkt 4) einstimmig angenommen.

Der Verwaltungsrath wird im Sinne dieser Leitsätze Bericht an das Kgl. Ministerium des Innern erstatten.

Auf Vorlesen der Berichte der Abtheilungssitzungen wird verzichtet. Die Niederschriften derselben werden nachfolgend mitgetheilt.

Sitzung der I. Abtheilung.

Anwesend: 39 Mitglieder und 3 Gäste.

Der Vorsitzende, Herr Betriebsoberingenieur Dr. Fritzsche, eröffnet früh $\frac{1}{4}$ 10 Uhr die Sitzung und begrüsst die anwesenden Gäste und Mitglieder.

Da geschäftliche Mittheilungen nicht vorliegen, geht der Vorsitzende zu Punkt 2 der Tagesordnung über und ergreift das Wort zu seinem Vortrage über das Thema:

„Sollen wir vorzugsweise steinerne oder eiserne Brücken bauen?“

Der Inhalt des ebenso interessanten als zeitgemässen Vortrages, dessen ausführliche Wiedergabe im Vereinsorgan, dem „Civilingenieur“, erfolgen wird, gipfelt in den nachstehenden Ausführungen.

Dem im Vergleiche zu Eisenkonstruktionen unter Umständen höheren Herstellungsaufwand steinerne Brücken werden in der Regel geringere Unterhaltungskosten ausgleichend zur Seite stehen.

Steinkonstruktionen besitzen angesichts der stetig zunehmenden Erhöhung der Fahrgeschwindigkeiten und der Lokomotivgewichte den ausserordentlichen Vorzug, nicht denjenigen engen Beschränkungen unterworfen zu sein, durch welche alle Eisenkonstruktionen infolge der ihrer scharfen Berechnungsweise zu Grunde zu legenden, genau bemessenen Belastungen und Materialansprüchen naturgemäss bald ihre obere Leistungsgrenze finden müssen.

Die Lösung der Aufgabe, in angemessenen Zeiträumen den Zustand der eisernen Brücken eingehender zu untersuchen und den Ergebnissen der gepflogenen Erörterungen, beziehentlich den vorerwähnten Verkehrssteigerungen entsprechend jene Konstruktionen unter Umständen kostspieliger Erneuerung, beziehentlich Verstärkungen unterziehen zu müssen, hat Schwierigkeiten im Gefolge, welche mit der zunehmenden Verkehrsdichtigkeit und der hierdurch bedingten Forderung eines ungestört aufrecht zu erhaltenden Betriebes beständig wachsen müssen.

Unter Vorlegung zahlreicher Entwurfszeichnungen bespricht der Vortragende das Charakteristische verschiedenartiger Bauausführungen, so der Beton-Strassenbrücke über die Donau bei Munderkingen, der Strassenbrücke bei Heerte (durch Flacheisen abgeschlossene Betonträger nach Drenckhalm & Indhop), der nach Monier ausgeführten Bauten u. a., betont die Wichtigkeit und Schwierigkeit, die Eisentheile aller aus Betonmasse und Eisen zusammengesetzten Konstruktionen dauernd und sicher vor den gefährlichen Einwirkungen der Stossbildung zu schützen, und empfiehlt hierbei dringend, die bei derartigen Ausführungen sich zeigenden Erfahrungen zur allgemeinen Kenntniss der interessirten technischen Kreise zu bringen.

In der hieran sich anschliessenden Betrachtung derjenigen Konstruktionen eiserner Ueberbauten mit Kiesbettung, welche mittelst sorgfältig gegen Witterungseinflüsse zu sichernder Blechabdeckung eine bei eventuellen Gleisveränderungen besonders willkommene, wie auch in sonstiger Beziehung sehr werthvolle Gleichmässigkeit der Durchführung des Gleisbaues erzielen, betont der Redner die sehr erheblichen Kosten solcher schwerer Fahrbahtafeln und empfiehlt an deren Stelle als vortheilhafter die Anwendung von Quadergewölben aus Granit oder Sandstein.

Den Tenor seiner Ausführungen lässt der Vortragende dahin ausklingen, im Interesse der allgemeinen Wohlfahrt überall dort, wo die örtlichen Verhältnisse dies statthaft erscheinen lassen, vorzugsweise steinerne Brücken zu bauen, beziehentlich bei passenden Gelegenheiten Eisenkonstruktionen durch steinerne zu ersetzen.

Dem überaus beifällig aufgenommenen Vortrage lässt zu Punkt 3 der Tagesordnung Herr Eisenbahn-Bauinspektor Kaiser Mittheilungen über

„Ersatz der Eisenkonstruktion einer Wegunterführung der Linie Dresden-Werdau durch Herstellung eines Gewölbes zwischen den vorhandenen Widerlagern“

folgen.

Unter den infolge Vergrösserung der Lokomotivgewichte und Erhöhung der Fahrgeschwindigkeiten auf der Linie Dresden-Werdau innerhalb des Dienstbereiches der Eisenbahn-Bauinspektion Chemnitz I umzuändernden, beziehentlich zu ersetzenden Konstruktionen befanden sich vier eisernen Brücken gleicher Ausführung von je 3,9 m Stützweite. Hierbei gaben ungenügende Beschaffenheit des Horizontalverbandes, das Fehlen jeglicher Endquerverbände, sowie ungleichmässige Druckertheilung der die Schwellen unterstützenden, unsymmetrisch angeordneten Walzeisen-Zwillingsträger für drei der angeführten Brücken zu entsprechenden Konstruktionsverbesserungen, für die vierte, eine Wirtschaftswegunterführung bei Station 748 + 88 D. W., aber zur vollständigen Beseitigung der Eisenkonstruktion und deren Ersatz durch eine steinerne Veranlassung.

Die Einwölbung dieser Brücke erfolgte, um dem Gewölbemauerwerk genügend Zeit zum Abbinden zu lassen, unter vorläufiger Belassung der Eisenkonstruktion. Sie geschah in Konkretmauerwerk mit Granitquaderverkleidung der Stirnen unter Zu-

grundelegung eines Bogens mit $\frac{1}{4}$ Stich, 45 cm Stärke am Scheitel und 50 cm Stärke am Widerlager.

Die Gewölbwiderlagsflächen wurden bis zu einer Tiefe von 0,5 m in die vorhandenen, aus Bruchsteinmauerwerk bestehenden Widerlager hineingearbeitet, während die eisernen Träger zur grösseren Sicherheit des Betriebes hölzerne Stützen erhielten. Die Ausführung der Maurerarbeiten bewirkte die Firma Liebold & Co. in Holzminden. Um die Widerlager, behufs Erzielung einer guten Wasserabführung vom Gewölbe, niederbrechen zu können, macht es sich nöthig, unter Zuhilfenahme von Weichenschwellen und I-Trägern — die letzteren nahe dem Widerlager auf das neue Gewölbe aufgelegt — die Gleisträger rechtwinkelig zum Gleise abzufangen. Die Widerlagerabschragung erhielt gleich dem Gewölbrücken einen Zementüberzug und eine Schicht Asphalt-Isolirplatten. Neun Tage nach Fertigstellung des Gewölbes konnte dasselbe als genügend erhartet angesehen werden und die Beseitigung der Hülfskonstruktion, die Wegnahme der alten Gleisträger und die Herstellung des normalen Oberbaues erfolgen.

Die erwachsenen Kosten berechnen sich einschliesslich Lieferung aller Materialien und aller Nebenarbeiten auf 2500 M., d. h. für 1 □ m überwölbte Fläche auf 96 M., so dass die Zinsen des aufgewendeten Kapitals jedenfalls weniger als die für ständige Unterhaltung einer gleichen eisernen Brücke (einschliesslich Bruckenschwellen und Belagholzer) erforderlichen Kosten betragen durften. — Auf Bahnlinien, wo längere Zugspausen zur Verfügung stehen, würde die Ausführung sich noch einfacher und billiger gestalten und bei Annahme der gleichen Spannweite für 1 □ m eingewölbte Fläche auf etwa 85 M., bei eingleisiger Bahn auf etwa 100 M. zu stehen kommen.

Reicher Beifall wird dem Redner für seine interessanten Mittheilungen zu Theil, worauf $\frac{3}{4}$ 11 Uhr der Vorsitzende die Sitzung schliesst.

Genehmigt:

Dr. Fritzsche.

Nachrichtlich durch

Hans Decker, Regierungsbaumeister.

Sitzung der II. Abtheilung.

Bei Eintritt in die Tagesordnung begrüsst der Vorsitzende Herr Direktor Kühne die Versammlung und ertheilt Herrn Maschinendirektor Klien das Wort zu seinem Vortrage:

„Ueber neuere Lokomotiven mit lenkbaren Achsen“.

Seitens des Herrn Vortragenden werden die Bedingungen für die Leistungsfähigkeit der mit Dampf betriebenen Lokomotiven, die hiermit im Zusammenhange stehenden Grössen für Heizfläche, Adhäsionsgewicht und Zugkraft besprochen; ferner wird die aus dem Verlangen nach leistungsfähigen Gebirgstenderlokomotiven entspringende Nothwendigkeit der Anwendung in Kurven einstellbarer, gekuppelter Achsen dargelegt.

In verschiedenen Perioden der Entwicklung des Eisenbahnwesens habe man die Anwendung beweglicher Motorgestelle (Allen, Lausmann, Engerth) zum Theil mit Erfolg versucht, doch seien namentlich in der grösseren Ausbreitung von Gebirgsnebenbahnen in den letzten Jahren beachtenswerthe Fortschritte in dieser Richtung zu verzeichnen.

Die bislang zur Ausführung gebrachten Lokomotiven mit lenkbaren Kuppelachsgruppen oder Einzelkuppelachsen werden in folgende Gattungen zusammengefasst:

1) Lokomotiven mit zwei Dampfzylindern:

- a) bewegliches hinteres Motorgestell, Bauarten von Engerth, Fink und Hagans;
- b) zwei bewegliche Motorgestelle, Bauart von Cowles;
- c) radial laufende gekuppelte Endachsen, Bauart von Clark, Klose und der Maschinen-Hauptverwaltung der Sächsischen Staatseisenbahnen.

2) Lokomotiven mit vier Dampfzylindern (Doppellokomotiven):

- a) ein bewegliches vorderes Motorgestell, Bauart von Mallet, oder ein bewegliches hinteres Motorgestell, Bauart von Rimrott;

- b) zwei bewegliche Motorgestelle, Bauarten von Fairlie und Meyer;
 c) zwei bewegliche Motorgestelle, von je einem am festen Rahmen befestigten Zylinderpaar angetrieben, Bauart von Johnstone.

Die einzelnen Bauarten werden an der Hand aushängender Vortragstafeln eingehend erläutert und gegeneinander verglichen.

Weiter wird nach Erläuterung des Verhaltens steifer und lenkbarer Achsen beim Durchlaufen von Krümmungen gezeigt, dass die Flantschabnutzung jeder spurenden Achse nach von Helmholtz, Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1888, S. 330, dem Produkte aus dem sogenannten ideellen Radstande (Abstand der Achse von dem ihr parallelen Krümmungshalbmesser) und der Belastung der Achse proportional sei. Sodann wird auf die grössere oder geringere Gelenkigkeit der Motorgestelle bei den vorgeführten Gattungen von Gebirgstenderlokomotiven hingewiesen, auch werden die aus jenem Produkte für die einzelnen Lokomotivbauarten sich ergebenden Schienen- und Reifenabnutzungsziffern mitgetheilt, welche bei den nahezu radial laufenden Einzelkuppelachsen am kleinsten sind.

Wenn bei Lokomotiven die Uebertragung der Kolbenkraft vom festen Gestelle auf das bewegliche Deichselgestell erfolge, so entstehen innerhalb jeder, bei grösserer Gestellauslenkung stattfindenden Radumdrehung meist, und besonders bei der Bauart Hagans, wechselnde Maassdifferenzen, die, weil sie vom starren Kuppelstangentriebe nicht ausgeglichen werden können, aussergewöhnliche Beanspruchungen des letzteren herbeiführen.

Als eine einfache und zweckentsprechende Anordnung erscheine die von der Maschinen-Hauptverwaltung angegebene Bauart mit hohlen Endachsen, deren jede um ein mittleres Kugelenk ihrer Kernachse nach allen Seiten hin frei beweglich ist und sich deshalb jeder Gleiskrümmung und Gleisunebenheit anschmiegen kann. Da ferner das Treibgestänge für die Kernachsen der lenkbaren Hohlachsen dasselbe ist, wie für steife Kuppelachsen, so würden bei Lokomotiven mit jenen Achsen Komplikationen, wie sie einerseits der Doppellokomotive mit ihren gelenkigen Dampfrohrleitungen, andererseits der Einschemellokomotive mit zusammengesetzten Kuppelstangentrieben eigen sind, vermieden und grössere Unterhaltungskosten erspart.

Der Vortrag wird mit grossem Beifalle aufgenommen.

Da für die heutige Sitzung nichts weiter vorliegt, schliesst der Herr Vorsitzende dieselbe 11 Uhr 15 Minuten mit Dank für zahlreiche Theilnahme an derselben.

Anwesend: 32 Mitglieder und 2 Gäste.

Frz. Kühne.

Lindner, Maschineninspektor.

Sitzung der III. Abtheilung.

Der stellvertretende Vorsitzende der Abtheilung III, Herr Baurath Rossbach, eröffnet die Sitzung mit der Mittheilung, dass der Vorsitzende der Sektion, Herr Oberbaurath Nauck, durch Krankheit verhindert sei, der Sitzung beizuwohnen. Auf Vorschlag des Herrn Baurath Rossbach beschliesst die Versammlung, auf telegraphischem Wege Herrn Oberbaurath Nauck die herzlichsten Wünsche für fortschreitende Genesung zu übermitteln.

In die Tagesordnung eintretend, bemerkt Herr Baurath Rossbach, dass er zu seinem Bedauern heute noch nicht in der Lage sei, den angekündigten Vortrag: „Mittheilungen über das Projekt der Stadt Leipzig, betreffend die Klärung der städtischen Abwässer“ zu halten, da er einerseits das umfängliche Material für den Vortrag noch nicht vollständig zusammenbekommen habe und andererseits durch grosse berufliche Inanspruchnahme in der letzten Zeit verhindert gewesen sei, die Bearbeitung des Gegenstandes zu fördern. Der Herr Vorsitzende stellt den angekündigten Vortrag für das nächste Jahr in Aussicht.

Als Ersatz für den Ausfall macht Herr Baurath Rossbach Mittheilungen über

„Norwegische Holzarchitektur“,

woran sich eine Mittheilung des Herrn Prof. Gottschaldt über eine „neue Ausführung von Gypswänden“ schliesst.

Nachdem Herr Baurath Mothes Herrn Baurath Rossbach den Dank der Versammlung für dessen Vortrag ausgesprochen und daran noch einige Mittheilungen über galizische, beziehentlich deutsche Holzbauten geknüpft hat, wird dieser Theil der Abtheilungssitzung geschlossen.

Programmgemäss schloss sich hieran eine Führung der Abtheilung unter Theilnahme vieler Mitglieder anderer Abtheilungen durch den Universitätsneubau, wobei Herr Baurath Rossbach Erläuterungen mannigfacher Art gab. Hierauf verfügte sich die Abtheilung nach der städtischen Markthalle, wo Herr Stadttingenieur Zechel die Führung und Erklärung der Kühlanlage in allen ihren hochinteressanten Einzelheiten übernahm.

Nachrichtlich bemerkt durch

Rossbach.

Ancke.

Sitzung der IV. Abtheilung.

Herr Bergrath Plattner eröffnet die Sitzung der Abtheilung IV des Sächsischen Ingenieur- und Architekten-Vereins, begrüsst die Erschienenen und ladet zu zahlreicher Betheiligung am gemeinsamen Mahle ein.

Alsdann ertheilt Herr Bergrath Plattner Herrn Bergdirektor Arnold das Wort zu seinem Vortrage:

„Ueber Geognostisches aus dem Zwickauer Steinkohlenreviere.“

Der Herr Vortragende bespricht einleitungsweise die Lage der beiden erzgebirgischen Steinkohlenreviere und legt durch Vorzeigen von Karten dar, dass vielseitig bis in die sechziger Jahre hinein das ganze erzgebirgische Becken als kohlenführend gehalten wurde. Er führt sodann an, dass diese Annahme eine irrige gewesen ist und dass selbst die beiden erzgebirgischen Kohlenreviere des unterirdischen Zusammenhanges entbehren.

Der Herr Vortragende giebt dann einen kurzen Ueberblick über die geognostischen Verhältnisse des Zwickauer Steinkohlenbeckens mit Bezugnahme auf Benennung und Eigenthümlichkeiten der vorhandenen Flötze.

Zweitens bespricht er die Ausdehnung und Verbreitung der einzelnen Flötze mit Berücksichtigung ihrer verschiedenen Endschaften — natürlicher Ausstrich, Abwaschung durch das graue Konglomerat, Versteinerung.

Drittens fügt er noch einiges an über die grosse Veränderlichkeit der Flötze im Zwickauer Becken auf oft sehr geringe Entfernungen und knüpft hieran Schlüsse über die Herkunft und Bildungsweise der in den Flötzen befindlichen, die Flötze trennenden und sie überlagernden Gesteine.

Am Schlusse werden noch einige Worte den Verwerfungen gewidmet. Der Herr Vortragende bespricht ihre Eintheilung in Verwerfungszüge, ihr relatives gegenseitiges Alter, wobei er auf andere Ergebnisse kommt, als diese aus früheren Veröffentlichungen bekannt sind, und erwähnt einen gewissen Zusammenhang, den die Verwerfungen mit den Eisenstein- und Zinnerz-Gängen des oberen Erzgebirges haben.

Der Vortrag wurde noch erläutert durch mehrfache Kartenwerke.

Herr Bergrath Plattner dankt, da sich Niemand zum Worte meldet, dem Herrn Vortragenden und regt Veröffentlichung des interessanten Vortrages an.

Vorgelesen, genehmigt und mitunterschieden

C. A. Plattner.

A. Fr. Wappler, Berginspektor.

Verlauf der Versammlung.

Sonnabend, am 1. Dezember 1894 trafen sich die Vereinsmitglieder zahlreich im Lokale des Leipziger Zweigvereins bei Kitzing & Helbig, Peterstrasse, woselbst zur Zeit des Abendbrotes für Leipziger Sondergerichte gesorgt war. Hieran schloss sich ein gemüthliches Zusammensein in Auerbach's Keller, woselbst Herr Betriebsinspektor Weidner und Herr Baurath Rossbach namens des Leipziger Zweigvereins die Anwesenden begrüßten und Herr Gasdirektor Wunder Vorträge, Faust- und Goethe-Erinnerungen betreffend, in poetischen Worten darbot.

Sonntag, am 2. Dezember 1894. Die Sitzungen der Abtheilungen fanden in den Hörsälen des Bornerianums der Universität und die Hauptversammlung in den Räumen des Kaufmännischen Vereinshauses statt. An die geschäftlichen Verhandlungen schloss sich Nachmittags 2 Uhr ein gemeinsames Mahl, welches durch sehr zahlreiche Betheiligung (161 Damen und Herren) sich auszeichnete. Herr Geh. Bergrath Förster brachte in markigen Worten einen begeisterten Trinkspruch auf Se. Majestät den König aus; den zweiten Trinkspruch, den Gästen gewidmet, sprach Herr Bauinspektor Baumann. Herr Baurath Klette widmete in humoristischer Weise den dritten Trinkspruch den Vortragenden; Herr Regierungsbaumeister Bahse toastete in poetischer Weise auf die zahlreich erschienenen Damen. Hierauf ergriff Herr Universitätsrentmeister Kommissionsrath Gebhardt das Wort, um namens der Gäste die besten Wünsche für das kräftige Wachstum und Gedeihen des Vereins auszusprechen. Fernere Trinksprüche auf die Ideale der Technik und auf den energischen Vertreter der Interessen der sächsischen Architekten und Ingenieure im Leipziger Stadtverordneten-Kollegium — Herrn Regierungsbaumeister Götz — sprachen die Herren Baurath Dr. Mothes und Baurath Klette.

Montag, am 3. Dezember. Der vom herrlichsten Wetter begünstigte Ausflug erfolgte nach der alten Lutherstadt Wittenberg a. E.; an demselben nahmen 42 Personen, einschliesslich mehrerer Damen, theil. Nach Besichtigung der vor dem Elsterthore stehenden Eiche, welche die Stelle bezeichnet, wo Luther öffentlich am 10. Dezember 1520 die päpstliche Bannbulle verbrannte, besuchte man das ehemalige Augustinerkloster, jetzt Prediger-Seminar, welches Luther als Mönch und später als Prediger der Schlosskirche bewohnte. Der Tisch, Armessel, sowie die Trinkkanne Luther's werden noch jetzt gezeigt. Weiter besichtigte man die Schlosskirche, an deren Thüren am 31. Oktober 1517 Luther seine 95 Thesen anslug. Diese von den Franzosen verbrannten Thüren sind 1858 durch 3^m hohe Metallthüren (Geschenk Friedrich Wilhelm IV.) ersetzt worden, auf denen der ursprüngliche lateinische Text der 95 Thesen eingegraben ist. Die Schlosskirche selbst ist in den Jahren 1890 bis 1892 durch Herrn Geh. Baurath Adler in Berlin in hervorragender Weise wieder hergestellt worden.

In der Kirche sind die Churfürsten Friedrich der Weise († 1525) und Johann der Beständige († 1532), sowie Luther († 1546) und Melanchthon († 1560) beerdigt. Das Denkmal des Churfürsten Friedrich ist 1527 von Peter Vischer in Nürnberg gegossen. Die Bildnisse der Reformation sind von Lucas Kranach, einst Bürgermeister von Wittenberg, gemalt. Die Besichtigung erfolgte unter der Führung des Herrn Baurath Dr. Mothes. Vor und nach derselben erfreute der Kgl. Musikdirektor und Kantor der Schlosskirche, Herr Stein, die Versammlung durch ein herrliches Orgelkonzert.

Einer freundlichen Einladung des Besitzers des Wittenberger Eisenwerkes, Herrn Joly, folgend, besichtigten die Theilnehmer die betreffende Anlage, in welcher dünnwandige Abflussröhren, Joly's patentirte Träger (das sind schmiedeiserne, mit Kunstguss armirte Gitterträger) und Joly's patentirte feuersichere Treppen hergestellt werden.

Die patentirten Träger werden freiliegend zur Unterstützung von Decken, Dächern, Brücken u. s. w. angewandt, insbesondere da, wo man bis jetzt verkleidete I-Träger benutzte, oder wo vernietete Gitterträger zu einfach sind.

Ueber diese patentirten Konstruktionen giebt das von der Firma herausgegebene Musterbuch ausführliche Auskunft.

Das von Herrn Hubert Joly verfasste und allen Theilnehmern überreichte „Technische Auskunftsbuch“ ist in erster Linie ein Hilfsbuch für den praktischen Gebrauch des Architekten und Ingenieurs. Es beantwortet kurz die Fragen, die sich dem Techniker bei seinen Arbeiten täglich darbieten, giebt auch Auskunft über die einschlägigen behördlichen Anordnungen und Gesetze. Die Preisangaben werden besonders dadurch brauchbar, dass die Bezugsquellen vermerkt sind, bei denen der Leser die zur Zeit bestehenden Preise also leicht durch Nachfrage ermitteln kann.

Schliesslich besichtigte man das grosse Standbild Luther's, von Schadow entworfen, welches unter einer gothischen Bedachung auf dem Markte steht und die Umschrift trägt: „Ist's Gottes Werk, so wird's besteh'n, ist's Menschenwerk, wird's untergeh'n.“

Hierauf vereinigte man sich zu einem einfachen Mittagessen in der „Post“, wobei der Unterzeichnete dem Leipziger Zweigverein den Dank des Hauptvereins für die Veranstaltung des gelungenen Ausfluges nach Wittenberg, welche Stadt als Wiege der Reformation von welthistorischem Interesse ist, aussprach.

Herr Bauinspektor Weidner gedachte des Führers der Exkursion, des Meisters Oscar von Rochlitz (Dr. Mothes), worauf Letzterer dem reformatorischen Geist der Ingenieure und Architekten ein Glas weihte. Schliesslich widmete Herr Bauinspektor Falian in poetischen Worten den anwesenden Damen einen Toast.

Allgemein befriedigt trat man hierauf den Rückweg an.

Grosch, Sekretär.

Mittheilungen aus dem Dresdener Zweigverein des Sächsischen Ingenieur- und Architekten-Vereins.

In der 11. Sitzung am 2. April d. J. wird zunächst ein Schreiben des Berliner Architekten-Vereins zur Kenntniss gebracht, welches die Gesichtspunkte für die Bearbeitung der Darstellung des deutschen Bauernhauses darlegt. Alsdann führt Herr Geheimrath Köpcke sehr interessante Abbildungen von der Chicagoer Weltausstellung zur Ansicht vor, worauf Herr Strassen- und Wasserbauinspektor Grosch Mittheilungen giebt über:

„Bewegliche Wehraufsätze“.

Die Nachtheile der Stauanlagen für schiffbare und flossbare Gewässer in hydrotechnischer und flusspolizeilicher Richtung werden zunächst vom Redner charakterisirt und darauf die Einrichtungen beweglicher Wehre im Allgemeinen unter Betonung ihrer Wichtigkeit besprochen.

An einigen beweglichen Wehraufsätzen, wie solche in den von ihm früher verwalteten Bezirken der vereinigten Mulde, weissen Elster, Zschopau und Flöha mit Erfolg angewendet worden sind, führt der Herr Vortragende die sieben Anforderungen, welche ein guter Wehraufsatz zu erfüllen hat, eingehend vor. Ein Wehraufsatz soll 1) bei herannahendem Hochwasser leicht und schnell zu entfernen sein; 2) es soll die Entfernung mit geringem Arbeitsaufwand geschehen können; 3) diese Entfernung längs des ganzen Wehres soll ohne Nachhülfe vor sich gehen können; 4) muss das Wiederaufrichten des Aufsatzes nach dem Hochwasser leicht möglich sein; 5) ist die Konstruktion so einzurichten, dass ein Senken des Oberwasserspiegels in dem Falle vorgenommen werden kann, wenn die behördlich beanspruchte Stauhöhe nicht nothwendig, oder vom Triebwerksbesitzer selbst nicht gewünscht wird; 6) soll der bewegliche Wehraufsatz geringe Anlage- und Unterhaltungskosten verursachen; 7) darf das Oeffnen des Aufsatzes durch unbefugte Personen nicht hervorgebracht werden können. Nach diesen Gesichtspunkten werden zuerst die gewöhnlichen beweglichen Bretaufsätze besprochen, bei denen Bret an Bret mit Kette verbunden aneinander gelegt bez. gestellt ist, und ein Handrad mit Spindel die Stützung giebt. Darauf erläutert Redner an einem wohl gelungenen Modell die Konstruktion eines beweglichen selbstthätigen Wehraufsatzes, vom Ingenieur Wendler konstruirt und an dem Wehre der Wendler'schen Holzschleiferei bei Hopfgarten im Zschopauthale ausgeführt. Der Aufsatz ist hier zweitheilig der Höhe nach aus Brettern gebildet, die an einem Ende an der Ufermauer durch einen einfachen Hebelmechanismus mit einem Automaten in Verbindung stehen. Dieser ist im Wesentlichen aus einem Gefäss gebildet, in welches das gestaute Wasser bei einem gewissen Oberwasserstande durch einen Mauerschlitze eintreten kann. Sinkt das Gefäss, so wird der Hebel bewegt und durch ihn eine Schubstange gehoben, an der der Bretaufsatz einseitig anliegt, der bei dem Hub der Stange sonach den Halt verliert und abschwimmen kann. Zuerst schwimmt der obere Aufsatz ab, bei höherem Anwachsen des Wassers beginnt das Spiel des Automaten aber von Neuem, und es schwimmt nun auch der untere ab. Der Automat und der ganze Mechanismus liegen verdeckt in der Ufermauer, vor unbefugter Benutzung geschützt.

Am Schlusse der Sitzung spricht Herr Direktor Masing über das grosse Unglück, welches das Panzerschiff „Brandenburg“ betroffen hat, und Herr Geheimrath Köpcke führt an erläuternden Skizzen das Wesen des sogenannten Zigarrenschiffes vor, sowie eine von Herrn Grimshaw, Consulting Engineer in New York, gegebene Beschreibung eines amerikanischen Warnungssignales für bewegliche Brücken, welches in der Hauptsache aus einem beweglichen Balken besteht, der bei geöffneter Brücke quer über dem Gleise in Schornsteinhöhe der Lokomotive und in einem entsprechenden Abstände von der Brücke liegt, dem unachtsamen Führer mithin durch Zertrümmerung des Schornsteines seiner Maschine ein nachdrückliches Achtungssignal ertheilt.

In der 12. Sitzung hält Herr Regierungsbaumeister C. F. Richard Müller einen durch eine ausserordentlich reichhaltige Sammlung ausgestellter Photographien und Zeichnungen auf das Anschaulichste unterstützten Vortrag über:

„Venezuela und die deutsche Eisenbahn daselbst“.

Redner gedenkt Eingangs seiner Ausführungen der grossen deutschen Bahnbauunternehmungen im fernen Auslande, wo deutscher Fleiss und deutscher Geist sich Denkmale unvergänglichen Ruhmes geschaffen, zu denen nicht an letzter Stelle das Unternehmen der Diskontogesellschaft in Berlin und der Norddeutschen Bank in Hamburg zu zählen ist, welches den Bau einer Eisenbahnverbindung zwischen Carácas, Valencia und San Carlos in Venezuela bezweckte.

Redner schöpft aus seiner eigenen im Winter 1888/89 daselbst gewonnenen Anschauung und schildert zunächst die von einer englischen Gesellschaft im Jahre 1883 erbaute Eisenbahn vom Hafenort La Guaira nach der Landeshauptstadt Carácas. Diese Bahn erklimmt bei 36^{km} Länge eine Höhe von 960^m in Steigungen von zumeist 1:26⁷/₈, unter Anwendung von Bögen mit 43 bis 75^m Halbmesser bei einer Spurweite von 92^{cm}. Die zumeist im An- und Einschnitt liegende Bahn hat vielfach unter den tropischen klimatischen Einflüssen zu leiden, die oft gewaltige Erdrutschungen hervorrufen. Die kilometrischen Baukosten beliefen sich auf 328 000 $\mathcal{M}$.

Carácas, eine moderne amerikanische Stadt von 80 000 Einwohnern, wird vom Herrn Vortragenden näher beschrieben und wegen seiner herrlichen Lage gerühmt, im Anschlusse hieran weiter ein fesselndes Bild von Venezuela entworfen, welches im Flächeninhalte dreimal so gross wie das Deutsche Reich ist und in kultureller Beziehung eine Dreigliederung erkennen lässt: erstens das mit Urwald bedeckte Bergland südlich vom Orinoco, ferner das ungeheure Weideland nördlich vom Orinoco, die Llanos, von nach Millionen zählenden Viehheerden bevölkert, und drittens das Hochland im Norden mit günstigen Verhältnissen für Ackerbau. Den

Hauptverkehrsweg für die erstgenannten Landestheile bildet der Orinoco; der Schwerpunkt der wirtschaftlichen Thätigkeit des Landes liegt aber im Hochlande, wie Redner näher unter besonderer Würdigung der Verdienste Guzmán Blanco's um Venezuelas Wirtschaftsleben ausführt.

Redner geht dann auf die geschichtliche Entwicklung der venezuelanischen Eisenbahnen ein und referirt über die Konzessionsbedingungen, die den Bahnbau-Unternehmern grosses Entgegenkommen bewiesen.

Auffallend ist die Höhe der genehmigten Frachtsätze, sie betragen im Stückgutverkehr das Siebenfache, im Personenverkehr das 2- bis 2,5fache der deutschen.

Die durch Landesgesetze im Jahre 1889 erfolgte einheitliche Regelung des Baues und Betriebes zeigte bald ihre günstigen Wirkungen: Der Bahnbau blühte auf.

Namentlich entstanden zwei grosse Unternehmungen:

- 1) die Zentralbahn: Caracás — Sa. Lucia — Valencia, 240^{km} lang,
- 2) die grosse Venezuelabahn: Caracás — Victoria — Valencia — San Carlos, 300^{km} lang,

erstere einer englischen, letztere einer deutschen Gesellschaft übertragen.

Im Besonderen giebt nun der Herr Vortragende die nähere Beschreibung der zweiten Linie: Von Caracás ausgehend gewinnt die Bahn das Tuythal in ununterbrochener Steigung von 1:45, dem Flusslaufe des Rio Guaire und des Rio San Pedro folgend bis zur Wasserscheide nächst dem Orte Los Teques. Hier durchbricht sie das Gebirge in 1230^m Meereshöhe mittelst des 270^m langen Corrozal-Tunnels und fällt dann mit gleicher Neigung wie vorher unter Benutzung der Südabhänge des Küstengebirges und der tief eingeschnittenen Thäler der Quebrada Honda, Quebrada Mostaza und Los Ajes und Begonia in ungezählten Windungen bis zur Station Los Tejerías am Oberlaufe des Tuyflusses auf Ordinate 500^m herab. Von hier an sollte die Trasse ursprünglich entlang der Südseite des Valencia-Sees fortgeführt werden, nach Uebnahme der Konzession der inzwischen bankrott gewordenen Zentralbahn wurde jedoch die genannte Linie aufgegeben und die wenig Schwierigkeit bietende Trasse der Zentralbahn Victoria — San Mateo — Valencia aufgenommen.

In der ungefähr 60^{km} langen Gebirgsstrecke zwischen Los Adjuntas und Los Tejerías haben beinahe 50 Proz. der angewendeten Bögen einen Halbmesser von 75—90^m, und nur 36 Proz. der Trasse sind geradlinig ausgeführt. Die Arbeiten begannen Mitte 1888 bei Palogrande. Zahlreiche fremde Arbeiter mussten gewonnen werden, da die Venezuelaner sich nicht zu anhaltender Arbeit eigneten. Erstaunlich hoch stiegen infolge der grossen Schwierigkeiten die Löhne und Materialpreise. Es wurden unter anderen für die Erdarbeiter durchschnittlich 7,5 Bol. (1 Bolívar = 0,80 $\mathcal{M}$) für den Tag gezahlt. Die Italiener kamen im Akkord auf 15 Bol., einzelne beim Tunnelbau sogar bis auf 18 und 20 Bol. und mehr für den Tag.

Es betragen ferner in der Gebirgsstrecke die Kosten für 1 ^{ebm}	
Erd- und Felsarbeiten	4 bis 10 Bolívar,
Tunnelausbruch	30 „ 50 „
Bruchsteinmauerwerk in Zementmörtel 1:7	55 „ 70 „
Beton der Tunnelausmauerung	100 „ 120 „
Kies frei Baustelle	40 „ 48 „
für 1 T Zement frei Baustelle	40 „ 55 „

Wie gross theilweise die Schwierigkeiten gewesen, führt Redner an dem Umstande vor, dass man auf einer 30^{km} langen Bauabtheilung zuerst 40^{km} Wege herstellen musste, um das Heranschaffen von Baumaterial zumeist mit Maulthieren zu ermöglichen.

Um auf der schwierigsten Strecke der Quebrada Mostaza und Honda die Bauarbeiten von mehreren Stellen in Angriff nehmen zu können, verwirklichte man den genialen Gedanken, über eine 300^m tiefe Schlucht eine Materialtransportbahn in Form eines Drahtseiles ohne Ende von 1700^m freier Stützweite zu legen, deren einer Endpunkt 235^m tiefer lag als der andere. Das 14^{mm} starke Seil wurde von einer Dampfmaschine getrieben und konnte Lasten von 350^{kg} in 6 Minuten befördern. 65 Tunnels mit zusammen 4080^m Länge waren zu durchbohren und fast gänzlich auszumauern, und auf der Gebirgsstrecke galt es 50 bis 60 000^{ebm} Erd- und Felsmassen für 1^{km} durchschnittlich zu bewegen.

Kleinere Bahndurchlässe sind in Stampfbeton ausgeführt, zur Uebersetzung grösserer Thalschluchten dagegen fanden Viadukte

mit pyramidenförmigen eisernen Zwischenpfeilern ausgiebigste Anwendung; die Hauptträger wurden durchgängig als Netzwerk mit sekundären Vertikalen entworfen.

Der völlig eiserne Oberbau gelangte mit 27^{kg} schweren Schienen zur Ausführung.

Die Bahnhofsgebäude aus Holz mit Wellblechbedachung sind einfach gehalten, ebenso die Stationsanlagen. Sehr geschmackvoll, zweckmässig, ja zum Theil luxuriös ausgestattete und nach dem Interkommunikationssystem gebaute Personenwagen von der Firma „van der Zypen und Charlier“ in Cöln-Deutz und Lokomotiven von „vorm. Rich. Hartmann“ in Chemnitz führt die Bahn als Rollmaterial.

Das Baukapital der am 1. Februar d. J. eröffneten 180^{km} langen Strecke Caracás — Valencia giebt Redner zu 60 Millionen $\mathcal{M}$ an, das ist für jedes Kilometer 333 000 $\mathcal{M}$. Auf die 60^{km} lange schwierigste Gebirgsstrecke entfallen aber thatsächlich 4 bis 500 000 $\mathcal{M}$ auf jedes Kilometer.

Am Schlusse weist Redner auf die hohe Bedeutung hin, welche der Ausbau der grossen Venezuela-Eisenbahn sowohl für die Leistungsfähigkeit deutscher Ingenieure und deutscher Industrie, als auch für das Ansehen Deutschlands im Auslande hat und wünscht, dass sich die in das Unternehmen gesetzten Hoffnungen allseitig erfüllen mögen.

Herr Geheimrath Köpcke macht zu dem Vorgetragenen noch die Bemerkung, dass die Arbeiten auch um deswillen so überaus schwierig seien, weil man mit dem gefährlichen Klima zu kämpfen habe; in den Tropen unterliegen durchschnittlich ein Drittel der beschäftigten Ingenieure den tödtlichen Einflüssen des Klimas.

Am 16. April gedenkt zunächst Herr Kitzler des Ablebens des Herrn Baurath Professor Lipsius, dessen Andenken vom Vorsitzenden mit warmen Worten gefeiert wird.

Hierauf giebt Herr Professor Engels Mittheilungen über die von ihm im hydraulischen Observatorium der technischen Hochschule ausgeführten Modellversuche über:

„Auskolkungen an Brückenpfeilern“.

Redner hat mit einem Versuchsgeringe eine grosse Anzahl Versuche angestellt, die er im Einzelnen eingehend in Bezug auf die angewendete Methode und die benutzten Apparate beschreibt und deren Ergebnisse durch zahlreiche Zeichnungen versinnbildlicht werden.

Die Versuche haben ergeben, dass

- 1) die Gefahr der Unterspülung an den Vorköpfen stets grösser ist, als an den Hinterköpfen ausgebauter Brückenpfeiler;
- 2) bei dreieckigen Vorköpfen besonders der Uebergang aus dem Vorkopfe in die Langseite des Pfeilers zu schützen ist. (Die Zuspitzung des Vorkopfes hat einen wesentlichen Einfluss auf die Verminderung der Auskolkung oberstromseitig.)
- 3) bei runden Pfeilern besonders der Scheitel des Bogens stromaufwärts zu beachten ist;
- 4) die Form des Hinterkopfes auf die Sohlengestaltung keinen Einfluss von praktischer Bedeutung ausübt;
- 5) Steinwürfe nicht über die Flusssohle emporragen sollen, dafür aber bis zu gehöriger Tiefe unter Flusssohle hinabgeführt werden müssen, um wirksam zu werden.

In der folgenden Besprechung werden von verschiedenen Seiten zahlreiche Belege für obige Ergebnisse aus der Praxis vorgeführt, jedoch auch gegentheilige That-sachen in den Kreis der Besprechung gezogen. Insbesondere wird der Herr Vortragende aufgefordert, seine interessanten Studien auch auf die Verhältnisse bei dem Vorhandensein mehrerer Strompfeiler zu erstrecken, welchem Wunsche Herr Professor Engels durch Ausdehnung seiner Versuche Rechnung zu tragen verspricht.

Bericht des Leipziger Zweigvereins vom Sächsischen Ingenieur- und Architekten-Verein über das Jahr 1893.

Der Leipziger Zweigverein zählte zu Anfang des abgelaufenen 13. Vereinsjahres 43 Mitglieder und 6 ständige Gäste. Der Tod entriess dem Vereine das Mitglied Herrn Architekt Pfeiffer und den Ehrengast Herrn Brandversicherungsobersinspektor Kanitz; infolge Wegzugs von Leipzig schieden aus 2 Mitglieder; neu gewonnen wurden 1 Mitglied und 1 ständiger Gast, so dass das Berichtsjahr mit einem Bestande von 41 Mitgliedern und 6 ständigen Gästen abschloss.

Der Erreichung des Vereinszweckes, dem Austausche wissenschaftlicher Mittheilungen und praktischer Erfahrungen dienten 13 Sitzungen. In fünf dieser Sitzungen wurden grössere Vorträge beziehentlich ausführlichere Mittheilungen geboten, und zwar sprach am 30. Januar Herr Regierungsbaumeister Arndt:

„Ueber Sicherheitseinrichtungen beim Eisenbahnbetriebe“.

Der Redner, davon ausgehend, dass bei den bestehenden Vorkehrungen zur Sicherung des Eisenbahnbetriebes Irrungen der Maschinenführer, wie des Stationspersonals nach verschiedener Richtung hin vorkommen können, zeigt die Möglichkeit einer in dieser Beziehung sehr wünschenswerth erscheinenden Kontrolle der derzeitigen Sicherheitseinrichtungen.

Man denke sich auf einer Eisenbahnstrecke zwischen den Schienen jedes Gleises eine elektrische Leitung mit Unterbrechungen in Blockabstand gelegt und jede Lokomotive mit einem elektrischen Stromerzeuger versehen, von dem ein Pol in fortlaufender, leitender Verbindung mit der oben erwähnten Streckenleitung steht, während der andere mit einer Schiene des Gleises verbunden ist. Eine geschlossene Stromleitung wird somit nur dann entstehen, wenn zwei Maschinen auf der gleichen Blockstrecke sich befinden. Dies liesse sich benutzen, um den Maschinenführer rechtzeitig von der gefährdrohenden Annäherung einer zweiten Maschine zu benachrichtigen, indem man auf jeder Maschine einen Klingelapparat in den Stromkreis einschaltet und an den Stossstellen der Streckenleitung eine zweite in gleicher Verbindung mit der Maschine anbringt, welche in der Länge a beziehentlich $2a$ nach beiden Richtungen von der Stossstelle ab neben der ersten Leitung hinläuft. Ist nämlich a die Strecke, auf welche ein Zug bei der für die betreffende Linie zulässigen Geschwindigkeit mit Sicherheit gebremst werden kann, so ist durch Anordnung der zweiten Leitung von der Länge $2a$ beziehentlich $4a$ für die zwei-beziehentlich eingleisige Bahn der Zug auf alle Fälle gedeckt, d. h. der Maschinenführer wird bei Ertönen des Klingelapparates seine Maschine zum Stehen bringen können, ehe ein Zusammenstoss möglich ist.

Es werden die Anordnungen erläutert, die getroffen werden müssten, um nicht nur eine Maschine, sondern auch einen langen Zug auf diese Weise zu schützen, sowie ein Auffahren von Zügen in Bahnhöfen zu vermeiden und ein fälschliches Einfahren durchfahrender Züge in todte Gleise zu verhindern. Zu diesem Zwecke hatte man die in Frage kommenden Bahnhofsgleise ebenfalls mit Leitung zu versehen und diese an den Weichen so zu konstruiren, dass sie beim Stellen der Weiche stets in dem

durch die Weichenstellung gegebenen Gleisstränge durchgehend ist. Bei todten Gleisen würde die Leitung am Gleisende mit der Schiene zu verbinden sein.

Am 13. Februar sprach Herr Betriebsinspektor Rother:

„Ueber theoretische Richtigkeit und architektonische Schönheit von Ingenieurbauwerken“.

Der Vortragende, hervorhebend, dass der Mangel an ästhetisch befriedigenden Wirkungen zahlreicher Ingenieurbauwerke hauptsächlich auf die Knappheit der zu Gebote stehenden Mittel, auf eine allzu bureaukratische Bauorganisation, auf eine gewisse Genügsamkeit in Bezug auf äussere Formschönheit, endlich auch auf eine mangelhafte Ausdrucksfähigkeit des entwerfenden Technikers zurückzuführen sei, stellt an die Spitze seiner Ausführungen den Satz, dass theoretisch richtige Formen stets schön seien und als schön anerkannt würden. — Der Nachweis für die Richtigkeit dieses Satzes wird durch Eingehen auf die mannigfachen Richtungen des Bauingenieurwesens geführt und an charakteristischen Schöpfungen der verschiedensten Gattungen und Zeiten das Ergebniss einer durch die Praxis geläuterten Theorie auseinander-gesetzt. Die Betrachtungen schliessen mit einem hoffnungsfreudigen Ausblick auf die mit der fortschreitenden Entwicklung der Theorie Hand in Hand gehenden Fortschritte in der äusseren Formstellung.

Am 27. Februar bot Herr Professor Dr. Föppl:

„Bemerkungen über Blitzableiter“.

Die Ursachen der Spannungsbildung in den Wolken und die Entstehungsweisen einer elektrischen Entladung derselben werden erläutert. Die noch jetzt den Vorschriften über Blitzableitungsanlagen zu Grunde gelegte Theorie vom Schutzkreise ist als veraltet und unrichtig zu erachten, was durch treffende Beispiele erwiesen wird.

Der Blitz muss das magnetische Feld schaffen. Dieses verbreitet sich aber meist nur an der Oberfläche des Leitungskörpers, letztere ist daher an den Blitzableitern möglichst gross zu machen, ein Leitungsband somit dem Leitungsdrahte vorzuziehen. Die Meinung, dass Leitungen aus Kupfer bedeutend besser seien, als solche aus Eisen, ist irrig. Wennschon Kupfer etwas besser als Eisen leitet, wird in Betracht der Kosten beider dem Eisen der Vorzug zu geben sein.

Behufs Erzielung des besten Schutzes gegen Blitzgefahr ist das Gebäude mit möglichst vielen Leitungen zu überziehen, welche durch zweckmässige Verbindungen mit einander in Zusammenhang stehend und auf diese Weise das Gebäude in ein Schutzgitter einhüllend den Blitz sicher durch die Leitung zu führen und sogenannte Rückschläge ungefährlich zu machen im Stande sind.

Ein weiteres Erforderniss ist die Schaffung eines möglichst grossen Ausbreitungsfeldes des Blitzes, wie es durch den Anschluss der Blitzableiter an Gas- und Wasserleitungsanlagen gewonnen werden kann und entgegen dem Gutachten der Gas- und Wasserfachmänner neuerdings vielfach thatsächlich bereits gewonnen wird.

Angestellte Beobachtungen von Blitzschlägen haben gezeigt, dass die Ursachen scheinbar willkürlicher Blitzwege stets auf den Mangel an zweckmässigen Leitungsverbindungen zurückzuführen gewesen sind.

Am 10. April sprach Herr Betriebsinspektor Rother:

„Ueber das Verhalten des Mörtels unter verschiedenen Umständen“.

Die häufigen Klagen über unzureichende Bindekraft des modernen Kalkmörtels sind vielfach darauf zurückzuführen, dass Weisskalk dort verwendet wird, wo er sein Mittel zum Festwerden, die Kohlensäure, nur in ungenügendem Maasse vorfindet.

Entgegen dem heute gebräuchlichen Verfahren, Zement als Zusatz zum Kalkmörtel zu verwenden, empfiehlt der Vortragende, behufs Erzielung eines dichteren Materials, umgekehrt Kalk als Zusatz zum Zementmörtel und hebt die guten Festigkeitsergebnisse magerer Zementmörtelmischungen und den die Mörtelfestigkeit überall ungünstig beeinflussenden Wassergehalt des Mörtels hervor.

Im Anschluss an die vortheilhafteste Bereitungsweise des Zementmörtels werden die schädlichen Einwirkungen des Frostes beim Mauern und die hiergegen angewendeten Mittel (Sodazusatz, Salzzusatz u. s. w.) in ihren Wirkungen näher erörtert. Der Vortragende schlägt vor, bei Frost stets Zementmörtel zu verwenden und vor Allem das Gefrieren des frischen Zementmörtels zu verhüten.

Am 30. Oktober sprach Herr Betriebsinspektor v. Lienenstern:

„Ueber Personentarife der Eisenbahnen“.

Der Tarif wird in erster Linie so bemessen sein müssen, dass die Selbstkosten der Eisenbahn gedeckt werden. Hier liegt die Grenze des Angebotes und gleichzeitig der Nachweis, dass Tarife, welche die Preise über eine gewisse Grenze herabdrücken wollen, keinen Bestand haben können.

Die Zahlungsfähigkeit der Käufer, welche die Nachfrage nach oben hin begrenzt, kommt in dem Umstande zum Ausdruck, dass Jeder von seinem Einkommen jährlich nur einen bestimmten Theil auf Eisenbahnen verwenden kann, diesen aber auch — angespornt von Reiselust und Reisenutzen — regelmässig aufwenden wird. Zweck einer guten Tarifpolitik muss sein, die Fahrpreise so zu bemessen, dass der Verkehr die denkbar grösste Ausdehnung gewinnen kann, ohne das Volksvermögen zu schädigen.

Die Reiseentfernungen, von welchen in erster Linie die Selbstkosten und der Gebrauchswert der Fahrkarte abhängen, nehmen alle Tarife zur Grundlage ihrer Werthsberechnung, indem sie entweder die Fahrpreise stetig, wie die deutschen Tarife, oder sprunghaft, wie die österreichischen Zonentarife, mit der Entfernung wachsen lassen. Die Einrichtung beider Systeme wird eingehend besprochen und dabei darauf hingewiesen, dass die Zonentarife ihr Aufsehen wesentlich der mit ihrer Einführung verbundenen bedeutenden Preiserhöhung verdanken.

Bei der Reiseschnelligkeit werden die Gründe, welche für die Festsetzung von Schnellzugs-Preiserhöhungen sprechen, sowie deren absolute Höhe erörtert, auch im Anschluss daran die Nothwendigkeit, starke Verkehre thunlichst nach ihrem Zwecke zu gliedern, hervorgehoben. Ebenso werden bezüglich der Reisebequemlichkeit das Werthverhältniss der einzelnen Wagenklassen und deren Fahrpreise besprochen, auch die Berechtigung der vierten Wagenklasse aus den Lebensgewohnheiten des Arbeiterstandes nachgewiesen.

Am 13. November gab Herr Betriebsinspektor Rother:

„Mittheilungen über rheinländische und westphälische Bahnhöfe“.

Unter Vorlage von Plänen und Skizzen werden der Bahnhof Düsseldorf, der Personenbahnhof Köln, der Güterbahnhof St. Gereon, der Kohlenbahnhof Ruhrort und der Rangirbahnhof Frintrap als charakteristische Beispiele des näheren erörtert.

1) Bahnhof Düsseldorf. Hier verkehren täglich 124 Personenzüge in jeder Richtung, darunter 36 Schnellzüge.

Früher bestanden daselbst zwei Bahnhöfe, und zwar für die Köln-Mindener und für die Bergisch-Märkische Bahn. Für den

neuen Bahnhof hat man unter Hochlegung der Linie den der Bergisch-Märkischen Bahn benutzt.

2) Bahnhof Köln. Derselbe ist z. Zt. noch im Bau begriffen. Der gesammte Verkehr vertheilt sich auf drei Bahnhöfe, und zwar auf die Personenstation am Dom, auf einen Betriebs- und Eilgutbahnhof und auf den Güterbahnhof St. Gereon.

Die Halle des Personenbahnhofes ist eine der grössten der Welt; sie bedeckt eine Grundfläche von 22200 □^m und besteht aus einer 255^m langen und 63,5^m weit gespannten Mittelhalle mit zwei je 13,4^m weiten Seitenhallen. Das Gewicht der gesammten Eisenkonstruktion beträgt 2500 T. Im Personenbahnhof verkehren z. Zt. täglich 86 Züge in jeder Richtung, die sämmtlich hier aus- und enden.

Die Zahl der Züge wird sich wesentlich vermehren, wenn der Verkehr, der jetzt in Deutz aufgenommen wird, nach dem Hauptbahnhofe übergeleitet wird. Auf dem Betriebsbahnhofe, der mit dem Hauptbahnhofe durch sechs Gleise verbunden ist, sind täglich rund 1000 Personenwagen und überdies die Eilgutwagen zu behandeln.

Bemerkenswerth erscheinen drei durch Leitern zugängliche Signalbrücken mit Stellwerkhäuschen und der sägeförmige Eilgutshuppen.

An den Betriebsbahnhof schliesst sich der Maschinenbahnhof an, der in zwei Geschossen, das obere für Personenzugslokomotiven, das untere für Güterzugslokomotiven, angelegt ist.

Der Güterbahnhof St. Gereon besitzt eine Länge von 1800^m und eine Breite von 250^m und enthält 66 Gleise.

Die vorhandenen fünf Ablaufgleise erhalten im Sommer ein Gefälle von 1:60, im Winter ein solches von 1:40. Der Schuhmacher'sche Bremsschuh ist mit Vortheil in Anwendung.

Der Bahnhof wird durch 9^m hohe Maste in 60 bis 70^m Entfernung elektrisch — aber noch nicht genügend — beleuchtet.

3) Kohlenbahnhof Ruhrort. Derselbe ist aus mehreren Bahnhöfen der Köln-Mindener und der Bergisch-Märkischen Bahn entstanden.

Im Jahre 1889 hat daselbst eine Zufuhr von 3,4 Millionen Tonnen und eine Abfuhr von 1,0 Millionen Tonnen stattgefunden.

Zur Bewältigung des Rangirgeschäftes sind vier Rangirberge vorhanden. Beachtenswerth sind die Ladevorrichtungen, sowie der Hafen mit Kiesladestelle.

4) Der Rangirbahnhof Frintrap, 14^{km} von Ruhrort in öder Gegend gelegen, hat den Verkehr von fünf Richtungen aufzunehmen und nach zwei Richtungen abzuführen.

Er enthält 54 Gleise bei 3,7^{km} Länge. Täglich sind 5000 bis 7000 Wagen zu behandeln, wozu fünf Rangirberge zur Verfügung stehen und ebenso wie in Ruhrort Bremsschuhe zur Verwendung kommen. Sämmtliche Weichen werden von Stellereien aus bedient.

Die normale Zugzahl beträgt 200; vier Züge fahren alltäglich nach Paris zur Beförderung von Gaskohlen.

Die Pflege der Geselligkeit wurde bethätigt durch Abhaltung eines Herrenabends — Weihnachtsfeier — am 16. Januar und eines Familienabends am 6. März, sowie durch mehrere gesellige Zusammenkünfte mit Damen in Eutritzsch, Leutzsch, Altenburg und Lindenau.

Dem Vorstande des Vereins gehörten an:

- 1) Herr Betriebsdirektor Homilius als Vorsitzender,
- 2) Herr Bauinspektor Weidner als stellvertretender Vorsitzender,
- 3) Herr Regierungsbaumeister Arndt — bis Mai — und Herr Bauinspektor Scharenberg — später — als stellvertretender Schriftführer,
- 4) Herr Rathsbauinspektor Kästner als Kassirer,
- 5) der unterzeichnete Berichterstatter als Schriftführer.

Genehmigt:
E. Homilius, Vorsitzender.

Nachrichtlich durch:
Decker, Schriftführer.

II. Vorträge und Abhandlungen.

Ueber Grubenventilation

unter

spezieller Berücksichtigung der beim Königlichen Steinkohlenwerke im Plauen'schen Grunde darüber angestellten Versuche.

Von

R. Hausse in Zauckerode.

(Hierzu Tafel I.)

(Schluss von Band XL, Seite 623.)

IV. Ventilatorwiderstand gegen die Luftausströmung aus der Grube; Reduktion der Depression auf gleiche Umfangsgeschwindigkeit; manometrischer Wirkungsgrad.

Unter Ventilatorwiderstand wollen wir entsprechend dem Grubenwiderstande denjenigen Widerstand verstehen, den der Ventilator dem Luftauszuge aus der Grube entgegensetzt, und ihn derjenigen Depression gleichwerthig setzen, die zur Ueberwindung dieses Widerstandes nöthig ist. Er ist die Ursache, dass zwei verschiedenartig konstruirte oder ungleich grosse Ventilatoren zur Erzeugung einer bestimmten Kanaldepression h verschiedene Umfangsgeschwindigkeit gebrauchen, und ist nicht mit dem Ventilatoreinfluss oder der Depressionsanomalie zu verwechseln, der den Einfluss der Verschiedenartigkeit der Ventilatoren auf das konstante Verhältniss der Depression zum Quadrate der Luftmenge angiebt.

Murgue nimmt für den Ventilatorwiderstand an, dass er sich ganz ähnlich wie der Widerstand der Grube verhalte, und hält es daher für naturgemäss, ihn in gleicher Art zu veranschaulichen, wie den Grubenwiderstand, nämlich durch die Grösse einer Oeffnung in dünner Wand, welche bei gleichem Pressungsunterschiede dieselbe Luftmenge durchziehen lässt, wie der Ventilator. Murgue denkt sich also die Grube und ihren Ventilator durch zwei Oeffnungen in dünner Wand ersetzt, die nacheinander von der Luft durchströmt werden, die erstere zufolge der Kanaldepression, die zweite vermöge der Depressionsverminderung, welche die aus der Grube angesaugte Luft beim Durchströmen des Ventilators infolge der Reibungen, Wirbelbildungen, Geschwindigkeits- und Richtungsänderungen erfährt. Die im Saugkanale des Ventilators

herrschende Depression sei stets merklich kleiner als diejenige, welche er wirklich erzeugt, indem ein Theil der letzteren zur Ueberwindung dieser Widerstände verbraucht werde; aber Kanalinhalt, Depression und Durchgangsöffnungen stünden mit dem Gesetze des Ausflusses in dünner Wand in Beziehung.

Die Depression, welche nöthig ist, damit die angesaugte Luft beim Durchströmen durch den Ventilator die ihr entgegentretenden Hindernisse zu überwinden vermag, bestimmt Murgue als die Differenz (h_0) zwischen der anfänglichen oder Initialdepression und der Kanaldepression und versteht unter ersterer diejenige Depression, welche der Ventilator erzeugt, wenn die Grube vollständig geschlossen ist. Danach bestimmt er gemäss der Berechnung des Grubenwiderstandes auch den Ventilatorwiderstand nach der Ausflussformel

$$Q = 0,65 \cdot o \cdot \sqrt{2gh_0},$$

worin die Grösse o eine äquivalente Ausflussöffnung in dünner Wand bezeichnet und mit Durchgangsöffnung benannt wird.

Gegen die Anwendung dieser Grösse zur gegenseitigen Vergleichung der Ventilatorwiderstände mit der Luftbewegung aus der Grube ist aber ein ganz ähnlicher Einwand zu erheben, wie gegen die Vergleichung der nach der Formel der Ausflussöffnung in dünner Wand berechneten Grubenwiderstände. Eine gegenseitige Vergleichung der so berechneten Durchgangsöffnungen verschiedenartiger Ventilatoren kann nur stattfinden, wenn letztere die Luft unter Ueberwindung gleich grosser Grubenwiderstände ansaugen; andernfalls ist aus den so berechneten äquivalenten Ausflussöffnungen nicht zu ersehen, inwieweit ihre gegenseitigen Unterschiede durch ungleichen Grubenwiderstand oder durch ungleichen Ventilatoreinfluss bedingt sind.

Reduktion der Depression auf gleiche Umfangsgeschwindigkeit; manometrischer Wirkungsgrad. Wie alle darüber angestellten Versuche gelehrt haben, verhalten sich die Umfangsgeschwindigkeiten eines Ventilators wie die von ihm angesaugten Luftmengen und wie die Quadratwurzelwerthe der von ihm erzeugten Depressionen. Daraus ergibt sich eine beachtenswerthe Vergleichsweise der Leistungen der Ventilatoren: die Reduktion der Depressionen auf gleiche Umfangsgeschwindigkeit. Murgue hat im Anschlusse hieran noch eine andere vergleichende Verhältnisszahl, den manometrischen Wirkungsgrad, aufgestellt, worunter er das Verhältniss versteht, das stattfindet zwischen der anfänglichen oder Initial-Depression (H) und der theoretischen Depression, das ist die der Umfangsgeschwindigkeit entsprechende doppelte Geschwindigkeitshöhe $\left(\frac{u^2}{g}\right)$;

diese Verhältnisszahl drückt gleichzeitig aus, wieviel ein Ventilator mit seiner Depression gegen den theoretisch vollkommenen Ventilator zurückbleibt. In Ermangelung der Kenntniss der anfänglichen Depression bedient sich Murgue behufs Vergleichung der Depressionsleistungen verschiedenartiger, über verschiedenen Gruben wirkender Ventilatoren noch einer Grösse, die das Verhältniss zwischen der Kanaldepression und der theoretischen Depression ausdrückt, die er genäherten manometrischen Wirkungsgrad nennt und die er an einer grossen Reihe verschiedenartiger Ventilatoren, welche die Luft aus Gruben mit verschiedenen Widerständen ansaugen, bestimmt hat. Diese beiden manometrischen Wirkungsgrade sollen zur Beurtheilung dienen, ob Ausführung und Grösse eines Ventilators dem Widerstande der Grube, woraus er die Luft ansaugt, angepasst und welche Umfangsgeschwindigkeit ihm zu geben sei, damit er unter günstigem Wirkungsgrade arbeite. Inwieweit dieser Zweck in Wirklichkeit zu erreichen ist, möge dahingestellt bleiben. Wir wollen nur der Frage über die Zulässigkeit der Vergleichung der manometrischen Wirkungsgrade, die für verschiedenartige, die Luft unter ungleichen Grubenwiderständen ansaugende Ventilatoren bestimmt sind, etwas näher treten.

Wie die äquivalenten Ausflussöffnungen sich nur dann vergleichen lassen, wenn sie sich auf Gruben beziehen, über denen Ventilatoren von gleichartiger Konstruktion und gleichen Abmessungen wirken, so lassen sich die manometrischen Wirkungsgrade verschiedener Ventilatoren nur dann vergleichen, wenn diese die Luft unter gleichen Grubenwiderständen ansaugen. Ist dies nicht der Fall, saugen die Ventilatoren, von denen die manometrischen Wirkungsgrade bestimmt und zur gegenseitigen Vergleichung gebracht werden sollen, die Luft unter Ueberwindung ganz ungleicher Grubenwiderstände an, so geht aus den Unterschieden der abgenommenen Depressionen und aus denen der angenäherten manometrischen Wirkungsgrade nicht hervor, ob sie von ungleichen Grubenwiderständen oder von Eigenartigkeiten in der Wirkung der Ventilatoren entstammen. Dieser Einfluss der Beschaffenheit der Ventilatoren wird an sich durch den manometrischen Wirkungsgrad nicht ohne Weiteres festgestellt. Wenn die gegenseitige Vergleichung dieser Depressionsverhältnisszahlen den Zweck haben soll, daraus

auf die Wirkungsweise der Ventilatoren schliessen zu können, so müssen sich diese Zahlen auf gleichen Grubenwiderstand beziehen; es können nur diejenigen Depressionen zur gegenseitigen Vergleichung gebracht werden, die von Ventilatoren erzeugt sind, welche die Luft unter Ueberwindung eines gleich grossen Grubenwiderstandes ansaugen. Diese Bedingung wird in dem genäherten manometrischen Wirkungsgrade nicht erfüllt; in dem manometrischen Wirkungsgrade wird ihr insofern entsprochen, als diejenigen Depressionen zum gegenseitigen Vergleiche gebracht werden, welche die zu vergleichenden Ventilatoren erzeugen, wenn sie bei verschlossener Grube arbeiten.

Sieht man von der Bestimmung der Grösse ab, um welche die effektiven Depressionen der Ventilatoren gegen ihre theoretischen zurückbleiben, so können zur gegenseitigen Vergleichung der Depressionsleistungen auch die totalen oder effektiven Depressionen selbst dienen; denn das Verhältniss, welches die manometrischen Wirkungsgrade zu einander haben, gilt auch für die totalen Depressionen.

Bei Beurtheilung der Leistungen der Ventilatoren nach ihren manometrischen Wirkungsgraden oder nach ihren auf gleiche Umfangsgeschwindigkeit reduzierten Depressionen ist zu berücksichtigen, dass die allgemein gültige Annahme: dieselbe Depression lasse immer die nämliche Luftmenge in der Zeiteinheit durch eine bestimmte Grube strömen, gleichgültig ob dieser oder jener Ventilator das Luftansaugen bewirkt, nicht richtig ist. Infolge dieser Thatsache sind auch die aus den von verschiedenartigen Ventilatoren erzeugten Depressionen und gelieferten Luftmengen berechneten Nutzleistungen der Ventilatoren, sofern sie die Luft aus ungleichen Gruben ansaugen, zum gegenseitigen Vergleiche nicht geeignet.

Wenn angenommen wird, dass von je zwei mit einander zu vergleichenden Ventilatoren demjenigen die grössere Leistung zukomme, der den grösseren manometrischen Wirkungsgrad besitze oder die grössere effektive Depression erzeuge, so wird andererseits durch die in Tabelle 1 enthaltenen Messungsergebnisse nachgewiesen, dass das nicht immer ganz zutrifft.

Wenn wir die Leistungen der beim Kgl. Steinkohlenwerke im Betriebe stehenden Ventilatoren nach ihren manometrischen Wirkungsgraden beurtheilen, so sind die beiden Guibal-Ventilatoren obenan zu stellen, wenn wir sie aber dagegen nach den für eine bestimmte Depression gelieferten Luftmengen beurtheilen, so gebührt dem kleinen Albertschacher Winter-Ventilator der Vorrang. Gleichwie also sich die äquivalente Ausflussöffnung nicht zur gegenseitigen Vergleichung der Widerstände von Gruben eignet, sofern verschiedenartige Ventilatoren die Luft daraus ansaugen, so ist auch der manometrische Wirkungsgrad nicht zur Vergleichung der Leistungen von verschiedenartigen Ventilatoren geeignet, sofern diese die Luft aus ungleichen Gruben ansaugen.

V. Allgemeine Bestimmung der Leistungen der Ventilatoren; Angabe, in welchen Fällen eine gegenseitige Vergleichung dieser Leistungen, sowie der Grubenwiderstände zulässig ist; Vornahme solcher Vergleichungen und Folgerungen daraus.

Wie für jede Maschine, so wird auch für die Ventilationsmaschinen die wichtigste Vergleichung ihrer Leistungen in der Weise vorgenommen, dass man ihre Nutz- und Totalleistungen berechnet, die Nutzleistung auf gleiche Totalleistung reduziert und das Verhältniss von jener zu dieser in Prozenten ausdrückt, also ihren motorischen Wirkungsgrad oder schlechthin ihren Wirkungsgrad bestimmt. Derselbe giebt Aufschluss über die Wirkungsweise der Gesamtventilationsmaschine und über die Nutzleistung im Vergleiche zu der dazu aufgewendeten Arbeitskraft, worauf es ja im Wesentlichen ankommt.

Unter Totalleistung ist die indizierte und die abgebremste Leistung zu unterscheiden; erstere ist derjenigen Arbeit gleich, welche der Dampf auf den Kolben der Umtriebsmaschine des Ventilators abgiebt; sie berechnet sich aus den mittelst Indikators abgenommenen Kolbendiagrammen.

Bezeichnet

F die Kolbenfläche in Quadratcentimetern,

s den Hub des Kolbens in Metern,

n die Anzahl der Kolbenhübe in der Minute,

p den mittleren indizierten Dampfdruck in Kilogr. für $1 \square \text{cm}$,

so berechnet sich die indizierte Leistung zu

$$L_i = \frac{2 \cdot s \cdot n \cdot F \cdot p}{60 \cdot 75} \text{ in Pferdestärken.}$$

Handelt es sich um Vergleichung der Wirkungsgrade von Ventilatoren, von denen die einen ihre Bewegung durch direkte, die anderen durch indirekte Kraftübertragung erhalten, so ist es besser, in den indizierten Leistungen die Arbeit der Transmission zwischen der Dampfmaschine und dem Flügelrade indirekt betriebener Ventilatoren auszuschneiden, damit sie mit den indizierten Leistungen direkt betriebener Ventilatoren vergleichbar werden.

Am vergleichbarsten ist die abgebremste Totalleistung, welche die Arbeit ausdrückt, die nur zur Bewegung des Ventilatorrades nöthig ist. Behufs Abbremsung eines Ventilators muss dieser von der Dampfmaschine abstellbar sein und mit einer rotirenden Welle in Verbindung stehen, auf welche die Bremse aufgesetzt werden kann; diese Welle fehlt indessen an Ventilatoren mit direkter Kraftübertragung.

Bezeichnet

l den Hebelarm des zur Abbremsung einer Ventilatorwelle verwendeten Prony'schen Zaumes in Metern,

P das erforderliche Gewicht einschliesslich des reduzierten Hebelgewichtes in Kilogr.,

n die Anzahl der Umdrehungen in der Minute, so beträgt die abgebremste Totalleistung des Ventilatorrades

$$L_b = \frac{3,14}{75 \cdot 30} \cdot P \cdot l \cdot n \text{ Pferdestärken.}$$

Die Nutzleistung L_n eines Ventilators ist bekanntlich gleich dem Produkte aus der gelieferten Luftmenge

Q und der totalen Depression h_t . Giebt man diese Grösse in Millimetern Wassersäule, das Luftquantum Q in der Minute in Kubikmetern an und bezeichnet γ das Gewicht eines Kubikmeters Grubenluft, so ist die Nutzleistung:

$$L_n = \frac{Q \cdot h_t \cdot \gamma}{60 \cdot 75} \text{ Pferdestärken.}$$

Für ganz genaue Bestimmungen ist in dieser Formel die Luftmenge Q auf 760^{mm} Barometerdruck und auf Null Grad zu reduzieren, und wenn die Grube, in der Q gemessen wurde, einen natürlichen Ventilationstrieb besitzt, das diesem entsprechende Luftquantum von dem gesammten abzuziehen.

Der motorische Wirkungsgrad berechnet sich entweder als das Verhältniss der Nutzleistung (L_n) des Ventilators zur indizierten Totalleistung (L_i) seiner Betriebsdampfmaschine, und zwar unter Beibehaltung der früheren Bezeichnungen zu

$$\eta = \frac{L_n}{L_i} = \frac{Q \cdot h_t \cdot \gamma}{2 \cdot s \cdot n \cdot F \cdot p},$$

oder als das Verhältniss der Nutzleistung zur abgebremsten Totalleistung L_b zu

$$\eta_1 = \frac{L_n}{L_b} = \frac{Q \cdot h_t \cdot \gamma}{2 \cdot P \cdot l \cdot n \cdot \pi}.$$

Da die abgebremste Leistung kleiner ausfällt als die indizierte, so berechnet sich der Wirkungsgrad η_1 grösser als η . Sollen also von mehreren Ventilatoren die Wirkungsgrade berechnet und diese zum gegenseitigen Vergleich gebracht werden, so sind, wenn es möglich ist, die Totalleistungen dieser Ventilationsmaschinen entweder alle als indizierte, oder alle als abgebremste Leistungen zu bestimmen.

Diese Leistungsberechnungen gelten sowohl für blasende, als auch für saugende Ventilatoren. Zwar sind infolge des Umstandes, dass bei blasender Wirkung des Ventilators Luftverdichtung und bei saugender Wirkung Luftverdünnung im Wetterkanale stattfindet, die in beiden Fällen gemessenen Luftmengen von ungleicher Dichtigkeit und deshalb, streng genommen, auch nicht ohne vorherige Reduktion auf gleiche Dichte vergleichbar, aber dieser Dichtigkeitsunterschied ist bei den geringen Pressungen, welche die Zentrifugalventilatoren erzeugen, so gering, dass, soweit es sich um praktische Zwecke handelt, von einer vorherigen Reduktion der gemessenen Luftmengen auf gleiche Dichtigkeit abgesehen werden kann. Bei Reduktion des Luftvolumens auf den Normalzustand kann indessen jederzeit auch auf die vom Ventilator erzeugte Depression Rücksicht genommen werden.

Der motorische Wirkungsgrad ist das wichtigste Vergleichungsmaass für die Ventilatorleistungen; aber auch er ist, wie wir sehen werden, so ohne Weiteres zur Vergleichung nicht geeignet.

Die von verschiedenartigen Ventilatoren gelieferten Nutzleistungen, sowie jeder der beiden Faktoren der Nutzleistung, die Depression h oder die Luftmenge Q für sich, sind nur unter bestimmten Bedingungen gegenseitig vergleichbar. Dasselbe gilt von der Vergleichung der Grubenwiderstände. Wir müssen uns, ehe wir gegenseitige Vergleichungen von Versuchsergebnissen über Ventilatorleistungen anstellen können, darüber klar sein, welche Messungsergebnisse wirklich vergleichbar sind, oder darüber,

wie man die Versuche vorzunehmen hat, damit ihre Resultate eine Vergleichung untereinander zulassen.

Wenn man die natürliche Wirkung der Grube, die für die hiesigen Wetterreviere auf Seite 599 des Civilingenieurs 1894 berechnet wurde, unbeachtet lässt, so sind es zwei unbekannte Grössen: der Grubenwiderstand und die besondere Beschaffenheit des Ventilators, für welche die Beziehungen zu den Grössen Q und h festzustellen sind. Die hierauf bezüglichen Untersuchungen lassen sich einteilen

- 1) in Versuche unter beständigem Widerstande der Grube mit gleichartigen Ventilatoren,
- 2) in Versuche unter unbeständigem Widerstande der Grube mit gleichartigen Ventilatoren,
- 3) in Versuche unter beständigem Grubenwiderstande und verschiedenartigen Ventilatoren,
- 4) in Versuche unter unbeständigem Grubenwiderstande und verschiedenartigen Ventilatoren.

1) Versuche unter beständigem Widerstande der Grube mit gleichartigen Ventilatoren. Diese Versuche erstrecken sich auf Ventilatoren von gleichartiger Konstruktion und gleichen Abmessungen, welche die Luft aus Gruben mit gleich grossem Widerstande ansaugen, was Versuchen mit nur je einem Ventilator, der die Luft unter Ueberwindung gleichbleibenden Gruben-

widerstandes bei verschiedener Umfangsgeschwindigkeit ansaugt, entspricht. Die Resultate davon dienen zur Bestimmung der gegenseitigen Beziehungen der Depression zur Luftmenge und zur Umfangsgeschwindigkeit.

Bei solchen Messungen mit demselben Ventilator ist es, wenn sie etwa zu verschiedenen Zeiten ausgeführt werden, nöthig, dass der Ventilator sich in der Zeit von der einen Messung bis zur andern in seiner Wirkungsweise nicht ändert und der aus der Art und Grösse des Ventilators hervorgehende Einfluss bei einem jedesmaligen Versuche derselbe ist, so dass er auf die Messungsergebnisse immer denselben Einfluss ausübt; anderenfalls würden die Messungsergebnisse so zu betrachten sein, als wenn sie von zwei in Konstruktion oder Grösse verschiedenen Ventilatoren herrührten.

Bei Ausführung der im Abschnitte III enthaltenen Versuche zur Nachweisung der Druckanomalien wurden gleichzeitig mit dem Capell-Zentrifugalventilator unter Einschaltung desselben Grubenwiderstandes bei Veränderung der Umfangsgeschwindigkeit Versuche zum Nachweise der Proportionalität zwischen der Luftmenge und dem Quadratwurzelwerthe der Depression zur Umfangsgeschwindigkeit angestellt.

In nachstehender Tabelle 10 sind die Resultate davon aufgeführt.

Tabelle 10.

Numer des Versuchs	Oeffnungsquerschnitt des Schiebers (F) $\square^{\text{m}}$	Luftgeschwindigkeit v m	Luftquantum $Q = F \cdot v$ cbm	Quadrat des Luft- quantums Q^2	Geschwindigkeitshöhe $\frac{v^2}{2g}$ mm	Manometerdepression, mit geradem Manometeranschlusrohr abgenommen (h_{dm})	Effektive oder totale Depression $h_{dt} = h_{dm} - 2,1 \frac{v^2}{2g}$ mm	Ventilatorumdrehungen in der Minute	Verhältniss des Quadrates der Luftmenge zur effektiven Depression $\frac{Q^2}{h_t}$	Verhältniss der Luft- menge zur Spielzahl des Ventilators $\frac{Q}{u}$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,015	1,13	0,0790	0,0062	0,06	1,8	1,7	137	0,0037	0,057
2	0,015	1,76	0,1232	0,0150	0,18	4,1	3,9	218	0,0038	0,056
3	0,015	2,90	0,2030	0,0412	0,54	11,8	11,3	355	0,0037	0,057

Aus der Unveränderlichkeit des in Spalte 9 berechneten Quotienten von dem Quadrate des Luftvolumens durch die effektive Depression $\left(\frac{Q^2}{h_t}\right)$ geht die Proportionalität dieser beiden Grössen hervor, und aus der Unveränderlichkeit des in Spalte 10 aufgeführten Quotienten von dem Luftquantum durch die Umfangsgeschwindigkeit des Ventilators $\left(\frac{Q}{u}\right)$ ist die Proportionalität zwischen diesen beiden Grössen erwiesen. Aus den hiermit so gefundenen beiden Proportionen

$$h_{t1} : h_{t2} = Q_1^2 : Q_2^2$$

und

$$u_1 : u_2 = Q_1^2 : Q_2^2$$

folgt:

$$h_{t1} : h_{t2} = u_1^2 : u_2^2.$$

Durch diese Versuche ist das wichtige Gesetz: „Die Umdrehungen u_1 , u_2 , beziehentlich die Umfangsgeschwin-

digkeiten verhalten sich direkt proportional wie die gelieferten Luftmengen Q_1 , Q_2 und wie die Quadratwurzeln aus den diesen Luftmengen entsprechenden Depressionen h_{t1} , h_{t2} “, das im Abschnitte I theoretisch abgeleitet wurde, festgestellt. — Dass die in Spalte 9 aufgeführten Verhältnisszahlen so gut mit einander übereinstimmen, obgleich sie nicht aus den wirklichen effektiven, sondern aus den beobachteten effektiven Depressionen berechnet sind, also die Depressionsanomalie dabei ausser Betracht gelassen ist, liegt darin, dass die Depressionsanomalie, wie bewiesen wurde, sich wie die effektive Depression mit dem Quadrate des Luftquantums proportional ändert, also auf den Quotienten $\frac{Q^2}{h_t}$ keinen Einfluss hat. Hierin liegt die Ursache der Uebereinstimmung solcher Berechnungen. Aus diesem Gesetze, das für jeden unter normalen Konstruktionsverhältnissen arbeitenden Ventilator so lange gültig ist, so lange er die Luft unter gleichem

Grubenwiderstände ansaugt, gehen vier wichtige Schlussfolgerungen hervor.

Erstens. Die unter beliebiger Umdrehungszahl gemessenen Depressionen und Luftmengen können auf gleiche Umfangsgeschwindigkeit reduziert und so zur gegenseitigen Vergleichung brauchbar gemacht werden.

Zweitens. Da sich

$$\frac{Q^2}{Q_1^2} = \frac{h}{h_1}$$

verhält, so ist auch

$$\frac{Q^2}{h} = \frac{Q_1^2}{h_1},$$

d. h. die Quotienten von den Quadraten der Luftmengen dividirt durch die Depressionen sind nicht von der Umfangsgeschwindigkeit der Ventilatoren abhängig.

Nach dieser Proportion ist die Depression, die zur Bewegung einer bestimmten Luftmenge durch die Grube erforderlich ist, dem Quadrate dieser Luftmenge proportional, das Verhältniss zwischen diesen beiden Grössen konstant. Da nun dieses Gesetz für den Ausfluss von Luft und Wasser aus Gefässen gilt, so verändert sich die durch eine Grube bewegte Luft in ihrer Menge und Depression nach gleichem Gesetze, wie bei ihrem Ausfluss aus einem Gefässe, und es kann jede Grube in Bezug auf ihren Widerstand gegen die Luftbewegung mit einer Ausflussöffnung von bestimmter Grösse und Form, die bei derselben Depression dasselbe Luftquantum durchlässt, verglichen und mit ihr äquivalent gesetzt werden. Solange der Grubenwiderstand derselbe bleibt und der Ventilator, der das Luftansaugen bewirkt, sich in seiner Wirkung nicht ändert, vielmehr Depression und Luftmenge nur infolge des Wechsels der Umfangsgeschwindigkeit des Ventilators schwanken, solange bleibt auch die Vergleichung des Widerstandes einer Grube gegen die Luftbewegung mit einer bestimmten Ausflussöffnung richtig.

Drittens. Nach diesen Gesetzen können die Depressionen und Luftmengen, wenn diese beiden Grössen für eine gewisse Spielzahl eines Ventilators einmal bekannt sind, für eine andere Spielzahl berechnet werden, was für den Grubenbetrieb von Wichtigkeit ist. Saugt ein Ventilator z. B. bei 45 Spielen in der Minute 600^{cbm} Luft aus den Bauen einer Grube an, während letztere zu ihrer ausreichenden Ventilation 900^{cbm} bedarf, so wird der Ventilator mit

$$600 : 900 = 45 : x,$$

$$x = \frac{900 \cdot 45}{600} = 67,5 \text{ Spielen}$$

arbeiten müssen, um diese 900^{cbm} Luft zu liefern.

Seitdem die Proportionalität zwischen Umfangsgeschwindigkeit, Depression und Luftquantum hinreichend festgestellt ist, sind die Versuche, welche mit demselben Ventilator angestellt werden, der die Luft unter Ueberwindung gleichen Grubenwiderstandes ansaugt und mit verschiedenen Umfangsgeschwindigkeiten arbeitet, nur einem Versuche gleichzustellen; dies lässt sich aber nicht auch von den Versuchen sagen, die zur Feststellung dieser Beziehungen früher eigens ausgeführt wurden.

Viertens. Aus der Proportion zwischen Umfangsgeschwindigkeit, Depression und Luftmenge gehen folgende zwei Gleichungen hervor:

$$1) Q_1 = \frac{u_1}{u} \cdot Q$$

und

$$2) h_{t1} = \frac{u_1^2}{u^2} \cdot h_t;$$

folglich ist

$$Q_1 \cdot h_{t1} = \frac{u_1^3}{u^3} \cdot Q \cdot h_t,$$

$$\frac{u^3}{u_1^3} = \frac{Q \cdot h_t}{Q_1 \cdot h_{t1}}.$$

Das Produkt aus der in der Sekunde angesaugten Luftmenge Q mal der Depression h_t in Millimeter Wassersäule ist aber gleich der Nutzleistung L_n . Es ist also

$$\frac{u^3}{u_1^3} = \frac{Q \cdot h_t}{Q_1 \cdot h_{t1}} = \frac{L_n}{L_{n1}}.$$

d. h. die Nutzleistungen der Ventilatoren stehen im kubischen Verhältnisse zu ihren Umfangsgeschwindigkeiten.

Um die Nutzleistung zu verdoppeln, sind $u \sqrt[3]{2} = 1,26 u$ Ventilatorumdrehungen erforderlich, aber um das Luftquantum Q zu verdoppeln, wodurch die Nutzleistung verachtfacht wird, weil zur Verdoppelung von Q die Depression viermal zu vergrössern ist, ist auch die Umdrehungszahl u zu verdoppeln.

Nehmen wir ferner an, dass, wie bei anderen Arbeitsmaschinen, bei den Ventilatoren der Kraftverbrauch oder die Totalleistung L_t proportional mit der Nutzleistung wachse, es sich also verhalte

$$\frac{L_n}{L_{n1}} = \frac{L_t}{L_{t1}},$$

so wäre, da

$$\frac{L_n}{L_{n1}} = \frac{u^3}{u_1^3}$$

ist,

$$\frac{L_t}{L_{t1}} = \frac{u^3}{u_1^3},$$

d. h. die Totalleistungen verhielten sich wie die 3. Potenzen der Umfangsgeschwindigkeiten.

Zur Steigerung der Umdrehungsgeschwindigkeit des Ventilators oder des Luftquantums Q auf das Doppelte wäre der nöthige Arbeitsaufwand der Dampfmaschine um das $\frac{(2u)^3}{u^3} = 8$ fache zu vergrössern.

Die Totalleistungen scheinen aber nicht genau im kubischen Verhältnisse zu den Umfangsgeschwindigkeiten zu stehen; denn wenn dies der Fall wäre, so müssten die motorischen Wirkungsgrade von der Umfangsgeschwindigkeit unabhängig sein, was nicht zutrifft. Eine Ursache hierfür liegt darin, dass in der Totalleistung die Nebenhindernisse, die keinen Einfluss auf die Luftmenge haben, eingerechnet sind.

Nach Rittinger's Versuchen (die Zentrifugalventilatoren von Rittinger, Seite 238) lieferte ein blasender Hochdruckventilator, während die Luft aus gleicher Düsenöffnung ausströmte,

für die minutliche Umdrehungszahl	einen Wirkungsgrad
280	0,03
450	0,13
550—590	0,17
620—640	0,18
710—730	0,24
785—950	0,294
960—1060	0,274

und nach Seite 259 eine drückend wirkende Zentrifugalpumpe

für die minutliche Umdrehungszahl	einen Wirkungsgrad
250—270	0,414
270—290	0,348
290—320	0,300

Danach hängen die motorischen Wirkungsgrade von den Umfangsgeschwindigkeiten ab, unter welchen sie bestimmt wurden. Wenn daher die Wirkungsgrade von einem Ventilator oder von mehreren, in Anordnung und Abmessungen einander gleichen Ventilatoren, die die Luft unter gleichem Grubenwiderstande ansaugen, nicht für dieselbe Umfangsgeschwindigkeit bestimmt werden, so können sie verschieden gross ausfallen, und zwar um so abweichender von einander, unter je verschiedenen Geschwindigkeiten die Leistungsbestimmungen erfolgen. Ferner findet eine beständige Zunahme des Wirkungsgrades mit der Grösse der Umfangsgeschwindigkeit nicht statt, vielmehr wächst der Wirkungsgrad mit der Zunahme der Umfangsgeschwindigkeit bis zu einer bestimmten Grösse, ist nur für eine gewisse Umfangsgeschwindigkeit am grössten, wie man dies auch bei anderen Maschinen kennt.

2) Versuche unter unbeständigem Widerstande der Grube mit ganz gleichartigen Ventilatoren. Die Versuche erstrecken sich auf Ventilatoren von gleichartiger Konstruktion und gleich grossen Dimensionen, welche die Luft aus Gruben mit ungleich grossen Widerständen ansaugen, was Versuchen nur mit einem Ventilator, der die Luft unter Ueberwindung verschiedener Grubenwiderstände ansaugt, entspricht. Während durch die Versuche Nr. 1 die Beziehungen zwischen der Umfangsgeschwindigkeit, Depression und dem Luftquantum festzustellen waren, handelt es sich hier um Bestimmung der Widerstände verschiedener Gruben zum Zwecke ihrer gegenseitigen Vergleichung und um Feststellung ihrer Abhängigkeit von den Luftmengen, die durch die Gruben hindurchströmen. Da nach den Versuchen Nr. 1 für jeden Ventilator die Umfangsgeschwindigkeiten, die Luftmengen und die Quadratwurzelwerthe aus den Depressionen im einfachen proportionalen Verhältniss zu einander stehen, so können die hier, sowie die unter Nr. 3 anzustellenden Versuche unter verschiedenen Umdrehungsgeschwindigkeiten des Ventilators erfolgen und hernach die Depressionen und Luftmengen auf gleiche Umdrehungsgeschwindigkeit reduzirt werden.

Die Abhängigkeit der Luftmenge von der Veränderung des Grubenwiderstandes findet in der im Abschnitte I abgeleiteten Gleichung (5) $h = h_1 - CQ^2$ ihren Ausdruck.

Während die Versuche Nr. 1 sich auf die Feststellung der Abhängigkeit des Luftquantums Q von der effek-

tiven Depression h_1 bei konstantem Grubenwiderstande beschränkten, gilt es hier, die Beziehungen zwischen h und Q bei konstanter totaler Depression h_1 aufzusuchen. Hierauf gerichtete Versuche lassen sich in der Weise anstellen, wie im Abschnitte III angegeben wurde; aber man verfährt dabei gewöhnlich so, dass man mittelst Wetterthüren oder Verschlüssen sich verschiedene Grubenwiderstände herstellt und für jeden derselben bei gleichbleibender Ventilatorumfangsgeschwindigkeit die erzeugte Depression und das gelieferte Luftquantum bestimmt.

Trägt man auf einer geraden Linie von einem darin als Ausgangspunkt angenommenen festen Punkte die sich aus solchen Versuchen ergebenden Depressionen h_1, h_2 u. s. w. als Abszissen und in den entsprechenden Endpunkten dieser Abszissen die Quadrate der Luftmengen Q_1^2, Q_2^2 u. s. w. als Ordinaten auf, so kann man sich auf graphischem Wege davon Kenntniss verschaffen, ob diese Endpunkte der Ordinaten alle in einer geraden Linie liegen. Lässt sich durch die Endpunkte dieser Ordinaten mit dem Lineal eine gerade Linie ziehen, so stehen die Grubenwiderstandsdepressionen h_1, h_2 mit den Quadraten der Luftmengen Q_1, Q_2 im proportionalen Verhältniss.

Führt man die gemessenen Werthe für Q und h in die Gleichung (5) der Reihe nach ein, so lässt sich daraus für jeden einzelnen Versuch eine Bedingungsgleichung aufstellen. Diese Gleichungen entsprechen der Gleichung einer geraden Linie, wenn, wie im Abschnitte I gezeigt wurde, sich aus ihnen die Differenz je zweier ganz beliebiger Abszissen ($h_1 - h_2$) zur Differenz der Quadrate der zugehörigen Ordinaten ($Q_1^2 - Q_2^2$) als ein beständiges Verhältniss ergibt. Dieses Verfahren ist im Folgenden angewendet worden.

Die ersten Versuche unter Veränderung des Grubenwiderstandes hat Rittinger in grosser Anzahl ausgeführt; sie waren aber nicht zur Nachweisung der Abhängigkeit der Grössen Q und h von einander bei konstanter Depression h_1 bestimmt. Davon seien die Resultate von 5 Versuchen, die unter fünf verschiedenen Grubenwiderständen mit einem Ventilator von 2^m Durchmesser und Auslaufwänden angestellt wurden, in nachstehender Tabelle 11 angeführt. Aus diesen Resultaten, die von Hauer auf Seite 44 seiner oben genannten Uebersetzung schon einmal verwendet hat, ist das Verhältniss der Differenz der aufeinander folgenden Depressionen zur Differenz der zugehörigen Quadrate der Luftmengen berechnet und in Spalte 6 dieser Tabelle 11 eingetragen.

Ferner hat im Jahre 1860 der belgische Ingenieur Tournaire mit einem kleinen Schmiedeventilator von 0,85^m Durchmesser ohne Gehäuse derartige Versuche ausgeführt; er stellte dabei den verschiedenen Grubenwiderstand künstlich her, in ähnlicher Weise, wie Rittinger es gethan hat. Die uns von Murgue darüber mitgetheilten Messungs- und Berechnungs-Resultate (siehe Seite 41 der Hauer'schen Uebersetzung) sind in nachstehender Tabelle 12, wieder unter Neuaufstellung der Spalte 6, vorgeführt.

Endlich hat Murgue derartige Versuche an 4 Ventilatoren angestellt, wovon hier die mit dem Ventilator von Creal, der 6^m Durchmesser und ein Gehäuse besitzt (siehe Seite 34 der Hauer'schen Uebersetzung), erzielten Depressionen und Luftmengen mit den daraus

Tabelle 11.

Nummer	Umdrehungen in der Minute	Luftvolum in der Sekunde cbm	Quadrat des Luftvolums	Beobachtete Depression mm	Berechnete Depression mm	Differenz $\frac{h_1 - h_2}{Q_2^2 - Q_1^2}$
	1	2	3	4	5	6
1	191	0,00	0,00	24,7	26,3	—
2	191	0,65	0,42	23,5	25,5	2,9
3	191	1,25	1,56	21,5	21,6	1,8
4	191	1,73	2,99	17,4	17,2	2,9
5	191	2,06	4,24	13,4	13,5	3,2

Tabelle 12.

Nummer	Umdrehungen in der Minute	Luftvolum in der Sekunde cbm	Quadrat des Volums	Beobachtete Depression mm	Berechnete Depression mm	Differenz $\frac{h_1 - h_2}{Q_2^2 - Q_1^2}$
	1	2	3	4	5	6
1	449,38	0,253	0,0640	19,18	19,42	—
2	449,38	0,410	0,1680	18,14	18,25	10,0
3	449,38	0,491	0,2410	17,77	17,43	5,1
4	449,38	0,565	0,3198	17,35	16,54	5,3
5	449,38	0,704	0,4955	15,78	14,56	8,9
6	449,38	0,737	0,5429	14,00	14,03	3,8
7	449,38	0,792	0,6268	13,04	13,08	11,4
8	449,38	0,843	0,7112	12,21	12,14	9,8

Tabelle 13.

Nummer	Umdrehungen in der Minute	Luftvolum in der Sekunde cbm	Quadrat des Volums	Beobachtete Depression mm	Berechnete Depression mm	Differenz $\frac{h_1 - h_2}{Q_2^2 - Q_1^2}$
	1	2	3	4	5	6
1	63,66	8,461	71,59	26,92	26,88	—
2	63,66	12,528	156,95	25,86	25,89	0,012
3	63,66	15,068	227,04	25,06	25,08	0,011
4	63,66	18,008	324,29	24,01	23,95	0,011
5	63,66	23,765	564,78	21,12	21,17	0,012

hervorgehenden Berechnungswerthen folgen mögen (siehe Tabelle 13).

Von den Quotienten, die aus den Rittinger'schen Versuchsergebnissen berechnet worden und in Spalte 6, Tabelle 11 aufgeführt sind, stimmen nur die unter Versuch 2, 4 und 5 mit einander annähernd überein, während der unter 3 wesentlich von jenen abweicht. Die aus den Koordinaten der Versuche 2, 4 und 5 sich ergebenden Diagrammpunkte mögen ziemlich in einer geraden Linie liegen; aber der Punkt, der aus den Koordinaten des Versuches 2 hervorgeht, liegt entschieden ausserhalb dieser Geraden.

Im Anschlusse an Murgue hat Hauer für diese Kurve die Gleichung

$$h = 26,3 - 3,03 Q^2$$

aufgestellt, deren Konstanten nur aus den drei letzten Versuchen ermittelt wurden, weil die ersten beiden etwas

grössere Differenzen zeigten, und danach die in Spalte 5 aufgeführte Depression berechnet. Die nach diesen Depressionen festgestellten Quotienten $\frac{h_1 - h_2}{Q_2^2 - Q_1^2}$ u. s. w. stehen nahezu im vollen Einklange mit einander.

Die in Tabelle 12 enthaltenen Messungsergebnisse der von Tournaire ausgeführten Versuche ergeben noch grössere Unterschiede zwischen den Berechnungswerthen der Spalte 6 als die Rittinger'schen Versuchszahlen. Am auffälligsten weicht der Werth unter 6 von den übrigen ab. Die aus den gemessenen Werthen von h und Q sich ergebenden Diagrammpunkte liegen sonach nicht in einer geraden Linie.

Murgue hat unter Auslassung der am meisten von den übrigen abweichenden Werthe für diese Kurve die Gleichung

$$h = 20,14 - 11,2508 Q^2$$

berechnet und danach die Depressionen berichtigt. Die Quotienten, welche sich aus den hiernach berechneten, in Spalte 5 aufgeführten Depressionen ergeben, stimmen ziemlich genau mit einander überein.

Die von der belgischen Kommission des Gard-Distriktes erzielten, in Tabelle 13 enthaltenen Ergebnisse der Versuche mit dem Ventilator von Créal zeigen dagegen für diese Quotienten fast konstante Werthe, wie aus Spalte 6 hervorgeht. Nicht blos dieser Versuch, sondern auch die von der Gard-Kommission mit drei anderen Ventilatoren angestellten Versuche ergaben gleich genaue Resultate. Murgue hat aus den Ergebnissen einer jeden dieser Versuchsreihen, die für die vier Ventilatoren abgeführt wurden, ein Diagramm konstruirt, für die sich daraus ergebende Kurve eine Bestimmungsgleichung aufgestellt und auch sonstige bemerkenswerthe Folgerungen daran geknüpft. Diese Ergebnisse sind Seite 30—45 der Hauer'schen Uebersetzung enthalten, worauf hiermit ganz besonders hingewiesen werden soll.

Diese vorgeführten Untersuchungen haben den Zweck, die gegenseitige Relation zwischen den Grössen h und Q^2 , wenn sich der Grubenwiderstand verändert und der Ventilator mit derselben Umfangsgeschwindigkeit arbeitet, durch Aufzeichnen von Diagrammen festzustellen, indem man daraus konstatirt, ob die so erhaltenen Koordinatenpunkte in einer geraden Linie liegen.

Sollen die veränderten Grubenwiderstände selbst zur gegenseitigen Vergleichung gebracht werden, so sind sie zunächst nach der Gleichung (8) $h_g = \frac{h_t}{Q^2} - C$ zu berechnen. Eine solche Berechnung und Vergleichung macht sich in der Praxis für jede Grube nöthig; denn nur dadurch erhält man genügende Kenntniss von den Veränderungen in der Wetterführung der betreffenden Grube. Da aber diese Messungen am besten immer an derselben Stelle auszuführen sind, so kann in der Grubenwiderstandsgleichung (8) die Konstante C , welche von der Grösse des Messquerschnittes abhängt, fortgelassen und zur Berechnung des Grubenwiderstandes die vereinfachte Gleichung $h_g = \frac{h_t}{Q^2}$ benutzt werden.

Will man für eine Grube, die durch den fortschreitenden Abbau und die laufenden Betriebseinrichtungen geschaffenen Grubenwiderstandsveränderungen bestimmen, so erfolgt dies also in einfachster Weise durch Berechnung der Verhältnisszahlen aus der Luftmenge und Depression, die man aus den laufend ausgeführten Messungen erhalten hat, und ihrer gegenseitigen Vergleichung.

Die Unterschiede in den Werthen dieser Quotienten geben uns Kenntniss von der Grösse des jedesmaligen Grubenwiderstandes, Kenntniss davon, wie sich der Grubenwiderstand durch das Fortschreiten des Abbaues, durch Neuanlegung und Abwerfung von Wetterstrecken und Wetterquerschlägen, sowie durch den Wechsel in den sonstigen Betriebseinrichtungen in einer bestimmten Zeit verändert hat, wenigstens auf so lange, als die Wettermaschine dieselbe bleibt und sie sich in ihrer Wirkungsweise nicht ändert. Stellt sich der Quotient bei einer späteren Messung kleiner heraus als bei einer früheren, so kann diese Differenz entweder in der Veränderung des natürlichen Ventilationstriebes oder in einer schlechteren Ausnutzung des frischen Luftstromes liegen, indem bei schlechter Beaufsichtigung der Wetterführung ein Theil der frischen Luft auf kürzestem Wege, ohne ihren Dienst gethan zu haben, zum Auszuge gelangt, oder in der Verringerung des Grubenwiderstandes gegen den nutzbaren Luftstrom seit jener Messung liegen. Findet man ihn grösser, so wird für gewöhnlich die Ursache in einer Vergrösserung des Grubenwiderstandes zu suchen sein; ausgeschlossen ist jedoch nicht, dass sie in einer Verschlechterung der Wirkung des Ventilators liegt. Es bleibt schwierig, aus den Veränderungen dieses Quotienten den Einfluss der Betriebseinrichtungen auf die Ventilation zu bestimmen; denn es können, und dies tritt zu oft ein, die Einwirkungen der einzelnen Betriebsveränderungen auf das Luftquantum sich gegenseitig aufheben, die Wetterwege sich ändern, ohne dass das in der Zeiteinheit ausziehende Luftquantum ein anderes wird; zudem kann die Schwankung in den Luftmengen durch Veränderungen des natürlichen Ventilationstriebes oder auch, jedoch seltener, in der Veränderung der vortheilhaften Wirkungsweise des Ventilators verursacht werden.

Will man eine Eintheilung der Gruben nach ihren Widerständen treffen, so könnte man sie eintheilen in solche

mit 1^{mm} Grubenwiderstand,
 „ 0,7^{mm} „
 „ 0,3 „ „

und sie danach als Gruben mit grossem, mittlerem und kleinem Grubenwiderstande benennen.

Die Veränderung des Grubenwiderstandes ist, nachdem sich eine Grube vollständig entwickelt hat, oft recht unbedeutend. Von den Ventilatoren, welche in den hiesigen vier Wetterschachtrevieren wirken, in denen der Kohlenabbau unausgesetzt nach der Teufe zu vorwärts schritt und wo die einzelnen Theilwetterströme

Tabelle 14.

Umfangsgeschwindigkeit des Ventilators in der Sekunde	Mehnerschachter Guibal-Ventilator. Depression im Jahre			Döhlner Wetterschachter Guibal-Ventilator. Depression im Jahre			Carolasschachter Guibal-Ventilator. Depression im Jahre			Albertschachter Winter-Ventilator. Depression im Jahre		Oppelschachter Winter-Ventilator. Depression im Jahre	
	1880	1881	1885	1882	1885	1888	1881	1882	1887	1883	1887	1886	1888
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
22 ^m	40,0	39,0	42,0	43,0	45,6	45,6	43,0	46,0	47,0	30,6	32,5	16,0	16,0

fast fortwährenden Aenderungen unterworfen waren, erzeugte ein jeder davon in den letztverflossenen Betriebsjahren für dieselbe Umfangsgeschwindigkeit ziemlich gleich grosse Depressionen, wie aus vorstehender Tabelle 14 hervorgeht.

Danach schwankten die von je einem dieser Ventilatoren mit 22^m Umfangsgeschwindigkeit erzeugten Depressionen in sechs Betriebsjahren um höchstens 4^{mm} Wassersäule untereinander, obgleich die Grubenwiderstände sich infolge des Fortschreitens des Abbaues, der Veränderung der Theilwetterströme, der Anlegung neuer Wetterquerschläge, Verfüllung alter Wetterstrecken u. s. w. stetig veränderten.

Was die Beziehung des Grubenwiderstandes zur Totalleistung des Ventilators betrifft, so geht aus den Versuchen mit dem Capell- und Root-Ventilator (Tabelle 4 bis 7) hervor, dass ein Ventilator bei Lieferung des Luftquantums Q oder bei der Nutzleistung Z_n , je nach der Grösse des Grubenwiderstandes, unter welchem er die Luft anzusaugen hat, verschiedene Totalleistung aufweist. Die Versuche mit grossen Grubenventilatoren bestätigen ebenfalls diese Behauptung. Im Allgemeinen kann man auch an diesen beobachten, dass, wenn man bei unverändertem Dampfzufluss zur Betriebsmaschine eines Ventilators die Grube, aus der er die Luft ansaugt, allmähig verschliesst, sich das Luftquantum verringert und die Depression zunimmt. Je mehr die Grube geöffnet wird, ihren Widerstand verringert, um so mehr fängt der Ventilator an, langsamer zu gehen; soll er bei Verminderung des Grubenwiderstandes seine Umdrehungszahl beibehalten, so muss seiner Betriebsmaschine mehr Dampf zugeführt werden, diese nun mit einem höheren Füllungsgrade arbeiten, als vor dieser Grubenwiderstandsveränderung. Umgekehrt, der Ventilator nimmt eine grössere Umfangsgeschwindigkeit an, wenn der von ihm zu überwindende Grubenwiderstand wächst und seiner Betriebsmaschine vor wie nach dieselbe Dampfmenge zuströmt. Der Grund zu diesem Wechsel im Gange des Ventilators mit dem des Grubenwiderstandes liegt darin, dass der Ventilator mit der Zunahme des Grubenwiderstandes weniger Luft ansaugt, weniger Nutzarbeit verrichtet, als vor Veränderung des letzteren. Der Ventilator läuft so lange schneller, bis die von ihm geleistete Arbeit wieder derjenigen gleich kommt, welche er vor Vergrösserung des Widerstandes lieferte. Sonach erfordert derselbe Ventilator zu seiner Bewegung mit der nämlichen Geschwindigkeit, je nach der Grösse des von ihm zu überwindenden Grubenwiderstandes, verschiedene Umtriebskraft, welche, wenn seine Betriebsmaschine mit Expansion arbeitet, durch Verstellung des Expansionschiebers und, wenn dieselbe keine besondere Expansionssteuerung besitzt, durch Verstellung der Drosselklappe zu reguliren ist.

Um bei einer Grube das Luftquantum zu verdoppeln, ohne die Spielzahl des Ventilators zu erhöhen, wäre ihr Widerstand um das Vierfache zu vermindern; und um das Luftquantum Q beizubehalten, wenn sich der Grubenwiderstand verdoppelt, hätte der Ventilator, der erst u Umdrehungen machte, nunmehr mit $\sqrt{2} \cdot u = 1,41 u$ Spielen zu arbeiten.

Wird eine Grube mit dem Grubenwiderstande h_g und dem Luftquantum Q in zwei selbstständige Wetterreviere mit gleicher Grubenwiderstandsdepression $\frac{h_g}{2}$ eingetheilt, so wird, wenn für jedes dieser Reviere die vom Ventilator vor wie nach erzeugte Depression h betrüge, in jedem der beiden Reviere ganz annähernd $\sqrt{2} \cdot Q = 1,41 Q$ Luftquantum hindurchströmen. Daraus erhellt die bekannte Thatsache, dass zur Abführung eines Luftquantums in blos einer Leitung mehr Kraft nöthig ist, als wenn man dasselbe in zwei oder mehreren Kanälen abführt, was für die anerkannte Zweckmässigkeit der Theilwetterströme bei Grubenventilationen spricht. — Im Allgemeinen geht aus diesen Betrachtungen für eine gute Wetterführung die Nothwendigkeit hervor, dass nichts unterlassen werden darf, was ohne allzugrosse Kosten den Grubenwiderstand verringert. Da die Widerstände mit dem Quadrate der Luftgeschwindigkeit in den Wetterstrecken wachsen, so kommt es im Wesentlichen darauf an, diese Geschwindigkeiten durch grosse Querschnitte der Strecken möglichst herabzusetzen, was schon von Murgue und Anderen dringend angerathen worden ist. Wie soeben betrachtet wurde, lässt sich die Wettergeschwindigkeit durch Schaffung von Theilwetterströmen herabmindern. Aber nicht allein die Bewegungswiderstände, sondern auch die Beschleunigungswiderstände, also alle plötzlichen Richtungs- und Querschnittsveränderungen sind möglichst zu vermeiden. In vielen Fällen, wo die Möglichkeit dazu gegeben ist, wird gegenüber den Erzeugungen grosser Depressionen, die ja viele Nachtheile haben, eine Beschränkung der Ventilatorreviere nach ihrer Grösse vortheilhaft sein. So wird beim Kgl. Sächs. Steinkohlenwerke nicht über 50^{mm} Depression erzeugt, was durch Schaffung von vier Ventilatorrevieren erreicht wurde.

Das Prinzip, dass einem Schachte kein zu grosses Abbaufeld zugewiesen werden soll, ist auch vom Standpunkte der Ventilation richtig.

Der motorische Wirkungsgrad eines Ventilators hängt mit von dem Grubenwiderstande ab, unter dem er die Luft anzusaugen hat. Es kann derselbe Ventilator, je nachdem er über einer Grube mit grossem Widerstande oder über einer solchen mit kleinem steht und daraus die Luft ansaugt, je nachdem der von ihm zu überwindende Grubenwiderstand seiner Konstruktion angepasst oder nicht angepasst ist, einen günstigen oder ungünstigen motorischen Wirkungsgrad ergeben. So schwankten nach den Rittinger'schen Versuchen die Wirkungsgrade von einem in seinem genannten Werke, Seite 206, beschriebenen Ventilator, je nachdem er die Luft aus einer kleinen oder grossen Oeffnung ansaugte, zwischen 0,1 und 0,2.

Durch gegenseitige Vergleichung derjenigen Wirkungsgrade, welche ein Ventilator ergibt, wenn er die Luft unter Ueberwindung verschieden grosser Grubenwiderstände ansaugt, kann nachgewiesen werden, welcher der Grubenwiderstände einem Ventilatorsysteme am besten angepasst ist; auch lässt sich bestimmen, unter welchem Widerstande ein gegebener Ventilator den grössten Wirkungsgrad ergibt.

Das, was auf Seite 576, Civilingenieur 1894, Zeile 21—28 und 35—47 über Veränderung der Grössen Q

und h , wenn sich der Grubenwiderstand ändert und der Ventilator eine beständige Totalleistung verrichtet, gesagt ist, muss auf Grund des Vorstehenden ausfallen.

3) Versuche unter beständigem Widerstande der Grube mit verschiedenartigen Ventilatoren. Diese Versuche sind geeignet, uns über die Nutz- und Nebenleistungen der Ventilatoren nach Luftquantum, Depression und Arbeit Kenntniss zu verschaffen. Ueber die Leistung in Bezug auf Luftquantum oder Depression je für sich ergibt sich ein bemerkenswerther Vergleich, indem man die Ventilatoren mit gleicher Umfangsgeschwindigkeit arbeiten lässt oder ihre gelieferten Luftmengen und erzeugten Depressionen auf gleiche Umfangsgeschwindigkeit reduziert. Dadurch entsteht die Möglichkeit, sowohl die Luftmengen, als die Depressionen für sich gegenseitig zu vergleichen. Das bei derselben Umfangsgeschwindigkeit gelieferte Luftquantum, das für eine Ventilatorumdrehung so lange konstant bleibt, als der Grubenwiderstand sich nicht ändert, lässt sich mit dem Luftvolumen vergleichen, das der Ventilator liefern würde, wenn er die Luft an seiner ganzen Mantelfläche mit der Umfangsgeschwindigkeit ausschleuderte, und das dem Produkte aus Umfangsgeschwindigkeit mal Radmantelfläche gleicht. Für den Guibal-Ventilator über dem Döhlener Wetterschachte berechnet sich für 20^m Umfangsgeschwindigkeit das Volumen aus seiner Mantelfläche mal Umfangsgeschwindigkeit zu $7,0 \times 3,14 \cdot 1,8 \cdot 20,0 = 791,3^{cbm}$, während er nach Tabelle I in Wirklichkeit 9,6^{cbm} ansaugt, das sind bloß 1,2 Proz. von jenem theoretischen Volumen.

Der Albertschachter Winter-Ventilator ergibt ein theoretisches Volumen von $1,8 \times 3,14 \times 0,48 \times 20 = 54,3^{cbm}$, er saugt in Wirklichkeit nach Tabelle I aber nur 10,7^{cbm} an, das sind 19,7 Proz. von jenem theoretischen Volumen.

Der Oppelschachter Winter-Ventilator ergibt theoretisch $3,0 \cdot 3,14 \cdot 0,45 \cdot 20 = 84,8^{cbm}$ und saugt in Wirklichkeit nach Tabelle I 6,2^{cbm} an, folglich 7,3 Proz. des theoretischen Volumens.

Zur Vergleichung der verschiedenartigen im Betriebe stehenden Ventilatoren nach ihren gelieferten Luftmengen kann als gleichbleibender Grubenwiderstand die ganz geöffnete Grube gelten.

Wichtiger als diese Luftmengenvergleiche ist die Bestimmung der Depressionsleistungen.

Gilt als Vergleichsumfangsgeschwindigkeit die Geschwindigkeit von 20^m in der Sekunde und werden alle von verschiedenartigen Ventilatoren erzeugten Depressionen darauf reduziert, so lassen sich letztere gegenseitig vergleichen. Ähnliche vergleichende Verhältnisszahlen für die von verschiedenartigen Ventilatoren erzeugten Depressionen ergeben sich, wenn man diese mit der theoretischen Depression, die der Vergleichsumfangsgeschwindigkeit (20^m) entspricht, vergleicht.

Unter Wirkungsgrad in Bezug auf die Arbeitsleistung verstehen wir das Verhältniss der Nutzleistung zur Total- oder theoretischen Leistung, immer wird darunter eine Vergleichung der Nutzleistung verstanden. In Uebereinstimmung hiermit wollen wir unter Wirkungsgrad in Bezug auf Depressionsleistung das Verhältniss der Nutzdepression (h_t) zur theoretischen (H), also den Quotienten $\frac{h_t}{H}$ verstehen.

Auf Seite 617—619, Civilingenieur 1894, wurden bereits die manometrischen Wirkungsgrade für den Capell-Ventilator berechnet und besprochen; in nachstehender Tabelle 16 sind sie für drei Wetterreviere des hiesigen Steinkohlenwerkes, deren Grubenwiderstände sich angenähert gleich gross annehmen lassen, angegeben.

Ventilator	Effektive Depression auf 20 ^m Umfangsgeschwindigkeit reduziert (h_t) mm	Theoretische Depression ($\frac{u^2}{g} \cdot \gamma$) für 20 ^m Umfangsgeschwindigkeit mm	Verhältniss der effektiven zur theoretischen Depression $\frac{h_t}{\frac{u^2}{g} \cdot \gamma}$
Mehnerschachter Guibal-Ventilator mit 7 ^m Durchmesser	36,5	48,9	0,75
Albertschachter Winter-Ventilator mit 1,8 ^m Durchmesser	26,0	48,9	0,54
Oppelschachter Winter-Ventilator mit 3,0 ^m Durchmesser	13,2	48,9	0,27

Nach Spalte 3 dieser Tabelle ist das Verhältniss der effektiven Depression zur theoretischen von dem geschlossenen Guibal-Ventilator wesentlich grösser als von den beiden offenen Winter-Ventilatoren, und von diesen beiden für den kleineren Winter-Ventilator bedeutender als für den grösseren; danach vermag für gleiche Umfangsgeschwindigkeit keiner der beiden offenen Winter-Ventilatoren die Depression zu erzeugen, welche der geschlossene Guibal-Ventilator hervorbringt. Aber der Albertschachter Winter-Ventilator erzeugt mehr Depression (26,0^{mm}) als die einfache Geschwindigkeitshöhe der Umfangsgeschwindigkeit $\frac{u^2}{2g} = 24,5^{mm}$ beträgt; und

aus Spalte 1 ergibt sich, dass dieser Ventilator von den beiden offenen Winter-Ventilatoren mit derselben Umfangsgeschwindigkeit den grössten Depressionseffekt ergiebt, worauf es ja bei Konstruirung der Ventilatoren ankommt. Im Allgemeinen folgt hieraus, dass die offenen Ventilatoren zur Erzeugung einer bestimmten Depression um so mehr Umfangsgeschwindigkeit erfordern, die von ihnen erzeugten Depressionen um so mehr gegen die ihren Umfangsgeschwindigkeiten entsprechenden theoretischen Depressionen zurückbleiben, je grösser ihre Durchmesser bei sonst gleicher Beschaffenheit sind. Somit sind wir bei Beschaffung gewünschter Depressionen in der Wahl der Dimensionen der Ventilatoren beschränkt, ganz abgesehen von der aus der Grösse ihrer Durchmesser erwachsenden Schwierigkeit für Herstellung einer exakten und dauerhaften Konstruktion. Je grössere Depression mit derselben Umfangsgeschwindigkeit erzeugt werden soll, um so kleineren Durchmesser hätte der Ventilator bei sonst gleicher Konstruktion zu erhalten. Nach der für jeden Ventilator, solange er die Luft unter demselben Gruben-

widerstande ansaugt, gültigen proportionalen Beziehung zwischen der Umfangsgeschwindigkeit und dem Quadratwurzelwerthe von der Depression liesse sich zwar durch hinreichende Steigerung der Umfangsgeschwindigkeit jede beliebige Depression erreichen; eine solche Depressionssteigerung ist aber in Wirklichkeit unausführbar, weil die Grenze, bis zu der ein Ventilator unter Berücksichtigung seiner Dauerhaftigkeit in seinen Umdrehungen gesteigert werden kann, eine beschränkte ist. Die kleinen Ventilatoren bedürfen infolge ihres besseren Abschlusses der Kanalluft gegen die Aussenluft und der stärkeren Richtungsveränderung der Luft im Rade zur Erzeugung einer bestimmten Depression geringere Umfangsgeschwindigkeit als die grossen Ventilatoren. Jene stellen sich daher im Allgemeinen in Bezug auf Depressionsleistung günstiger als diese und sind da am Platze, wo es grossen Grubenwiderstand zu überwinden gilt.

Da die beiden Guibal-Ventilatoren gleiche Durchmesser besitzen, so sind nach Tabelle I, Spalte 9 auch die von ihnen mit derselben Umfangsgeschwindigkeit erzeugten Depressionen fast gleich gross, und sie würden jedenfalls ganz übereinstimmen, wenn auch die übrigen Verhältnisse der beiden Ventilatoranlagen genau dieselben wären.

Der Einfluss des Gehäuses der Guibal-Ventilatoren auf die Depression kann aus der Tabelle 1 deswegen nicht recht ersehen werden, weil die beiden Winter-Ventilatoren gegenüber den beiden Guibal-Ventilatoren ganz ungleiche Durchmesser haben, also der Unterschied in den von ihnen erzeugten Depressionen theils durch die Verschiedenartigkeit in ihren Konstruktionen, theils durch die Ungleichheit in ihren Dimensionen bedingt sein kann. Zwei verschiedenartig konstruirte und ungleich dimensionirte Ventilatoren können für gleiche Umfangsgeschwindigkeit gleiche Depressionen ergeben, dann nämlich, wenn der aus der Verschiedenheit in den Konstruktionen hervorgehende Einfluss auf die Depressionserzeugung sich mit demjenigen Einflusse auf letztere ausgleicht, welcher aus der Verschiedenheit in den Dimensionen der zu vergleichenden Ventilatoren hervorgeht. Wir sind aber nach der jetzigen Kenntniss von der Wirkungsweise der Zentrifugalventilatoren nicht im Stande, eine solche gegenseitige ausgleichende Wirkung zwischen Konstruktion und Dimensionen auf die Depression und das Luftquantum bei Herstellung der Ventilatoren im voraus genau zu bestimmen.

Durch den manometrischen Wirkungsgrad wird die Nutzleistung des Ventilators in Bezug auf die Depression in Prozenten der theoretischen Depression bestimmt, wie im motorischen Wirkungsgrade die Nutzleistung in Prozenten der Totalleistung ausgedrückt wird. Aber während derjenige Theil der Totalleistung, der nicht in Nutzleistung umgesetzt ist, die Nebenleistung ausmacht, scheint sich dies beim manometrischen Wirkungsgrade anders zu verhalten; die Differenz $H - h_t$ zwischen der theoretischen (H) und der totalen Depression (h_t), oder der Unterschied $\left(1 - \frac{h_t}{H}\right)$ zwischen dem manometrischen Wirkungsgrade $\frac{H}{H - h_t} = 1$ des theoretisch vollkommenen

Ventilators und dem manometrischen Wirkungsgrade $\frac{h_t}{H}$ eines damit zu vergleichenden Ventilators giebt nicht die Depressionsnebenleistung an, das ist die Depression, die der Ventilatorwiderstand erfordert, sondern sie zeigt nur an, um wieviel ein Ventilator infolge der Unvollkommenheit seiner Konstruktion in der Depressionserzeugung gegen die theoretische zurückbleibt.

Von dieser Differenz $H - h_t$ lässt sich zunächst nur sagen, dass sie von der Ventilatorbeschaffenheit bedingt ist. Mit dem Ventilatorwiderstande, bestehend aus dem Druckverluste im Rade, der durch die Reibung, Wirbelbildung und plötzliche Geschwindigkeits- und Richtungsveränderungen der durch das Rad strömenden Luft entsteht, will sich diese Depressionsdifferenz nicht immer decken. So erzeugte der Mehnerschachter Guibal-Ventilator für 20^m Umfangsgeschwindigkeit 36,5^{mm}, der Albertschachter offene Ventilator nur 26^{mm} Depression; jener giebt einen manometrischen Wirkungsgrad von $\frac{36,5}{48,9} =$

75 Proz. und eine Differenz $\frac{H - h_t}{H} = \frac{48,9 - 36,5}{48,9} =$ 25 Proz., während für diesen der manometrische Wirkungsgrad $= \frac{26}{48,9} = 53$ Proz. und $\frac{H - h_t}{H} = \frac{48,9 - 26}{48,9} =$

47 Proz. beträgt. Diese Depressionsdifferenz $H - h_t$ ist also für den offenen Ventilator bedeutend grösser als für den Guibal-Ventilator, und es ist nicht recht klar, wie der Ventilatorwiderstand jenes Ventilators fast doppelt so gross sein soll, wie der von diesem. Es scheint vielmehr, als wenn diese Depressionsdifferenz nicht mit dem Ventilatorwiderstande gleichwerthig sei, sondern dieser nur einen Theil davon ausmache. Der andere Theil scheint von einem anderen Faktor abzuhängen, bestehend in einer Unfähigkeit des Ventilators, die theoretische Depression zu erreichen, die wir mit Ohnmachtsdepression (h_0) bezeichnen wollen. Als Verlust kann dieses Zurückbleiben der totalen Depression gegen die theoretische deshalb nicht gut bezeichnet werden, weil hiermit kein Aufwand an Totalkraft verknüpft zu sein scheint. Die Differenz zwischen theoretischer und totaler Depression $H - h_t$ drückt sonach die Summe von Ventilatorwiderstandsdepression und Depressionsohnmacht des Ventilators aus. Die Ventilatorwiderstandsdepression ergänzt nicht die totale zur theoretischen, sondern es bleibt eine Differenz zwischen diesen beiden Grössen. Diese Differenz ist die Ohnmacht des Ventilators in Bezug auf Depression. Die Depressionsohnmacht besteht sowohl, wenn der Ventilator die Luft bei verschlossener Grube bewegt, als wenn er sie aus der Grube ansaugt; sie ist für jeden Ventilator verschieden gross, was schon daraus hervorgeht, dass die totale und die Ventilatorwiderstandsdepression für jeden Ventilator verschieden sind, während die theoretische Depression dieselbe ist.

Nutzleistung. Schon im Abschnitte III wurde angeführt, dass nach Tabelle 1 der Guibal-Ventilator im Bezug auf Depressionsleistung sich gegenüber dem Albertschachter Winter-Ventilator als leistungsfähiger herausstellt, aber dass umgekehrt aus der Vergleichung ihrer gelieferten, auf gleiche Depression bezogenen Luft-

mengen der Albertschachter Winter-Ventilator als der wirksamere hervorgeht. Wenn wir die Depression auf gleiches, auf $10,0^{cbm}$ Luftquantum reduzieren, so erzeugt nach Tabelle 1

der Carolaschachter Guibal-Ventilator $40,4^{mm}$ Depression,
der Albertschachter Winter-Ventilator $25,0^{mm}$ Depression.

Hieraus berechnet sich die Nutzleistung

für den Carolaschachter Guibal-Ventilator zu $6,5$ Pferdestärken,
für den Albertschachter Winter-Ventilator zu $4,0$ Pferdestärken.

Das Merkwürdige und sich Widersprechende in diesen beiden Nutzleistungen ist, dass diese ihre berechneten Werthe nicht gleich gross sind, obgleich sie in Wirklichkeit angenähert derselben Nutzarbeit entsprechen. Ein jeder dieser beiden Ventilatoren saugt gleich grosses Luftquantum ($10,0^{cbm}$ in der Minute) unter Ueberwindung desselben oder wenigstens ganz annähernd gleichen Grubenwiderstandes an. Es ist dieser Widerspruch, welcher zwischen der wirklichen und der berechneten Nutzleistung dieser beiden Ventilatoren besteht, eine Folge der Depressionsanomalie. Die Depression, die der Carolaschachter Guibal-Ventilator mehr erzeugt als der Albertschachter Winter-Ventilator, während beide dasselbe Luftquantum ansaugen, kann gegenüber der Leistung des Albertschachter Winter-Ventilators nicht als wirkliche Nutzleistung, sondern muss als eine aus der Form und Grösse des Ventilators hervorgehende Nebenleistung betrachtet werden.

Ganz überraschende, hierher gehörende Resultate haben uns die Versuche mit dem Capell- und Root-Ventilator gegeben, worauf hier nochmals hingewiesen sei.

Will man die Nutzleistungen zweier verschiedenartig konstruirter oder ungleich dimensionirter Ventilatoren, welche die Luft unter gleichem Grubenwiderstande ansaugen, mit einander vergleichen, so ist zunächst die Depressionsanomalie von jedem dieser Ventilatoren gegen den idealen Ventilator in der im Abschnitt III angegebenen Weise zu bestimmen.

In dem Umstande, dass die Nutzleistungen der Guibal-Ventilatoren im Vergleiche zu den der offenen Ventilatoren ohne Berücksichtigung der Druckanomalie zu gross berechnet werden, dürfte eine weitere Ursache mit zu suchen sein, warum die Guibal-Ventilatoren mit Gehäuse und Esse bis jetzt in der Praxis mehr Eingang gefunden haben, als gut konstruirte offene Ventilatoren und weshalb aus allen Grubenrevieren die Leistungen der Guibal-Ventilatoren gegenüber den Leistungen von offenen so sehr günstig gemeldet werden. Es dürfte wohl noch keine ganz erwiesene Thatsache sein, dass der Guibal-Ventilator, abgesehen von dem Vorzuge seiner äusserst soliden Konstruktion und seines direkten Antriebes, in seiner Leistung ein unübertroffenes Muster eines saugenden Zentrifugalventilators sei, als welchen besonders D. Murgue ihn hinstellt. Man wird es sich in Zukunft noch mehr zu überlegen haben, ob man nicht den in ihren Anlagen theuren Guibal-Ventilatoren andere bewährte billigere Ventilatoranlagen vorzuziehen hat.

4) Versuche unter unbeständigem Widerstande der Grube mit verschiedenartigen Ventilatoren. Da nach den Versuchen unter 2) gleichartig konstruirte und gleich dimensionirte Ventilatoren für gleiche Umfangsgeschwindigkeit je nach der Grösse des Grubenwiderstandes, welchen sie zu überwinden haben, verschiedene Depressionen erzeugen, und nach den Versuchen unter 3) verschiedenartig konstruirte oder ungleich dimensionirte Ventilatoren unter Ueberwindung desselben Grubenwiderstandes für gleiche Umfangsgeschwindigkeit bei gleicher Luftansaugung auch verschiedene Depressionen liefern, so geht daraus hervor, dass die auf gleiche Umfangsgeschwindigkeit reduzirten Depressionen von mehreren in Konstruktion und Grösse verschiedenen, die Luft unter unbeständigem Widerstande ansaugenden Ventilatoren so ohne Weiteres nicht untereinander verglichen werden können: es bleibt darin unbestimmt, ob und in welchem Verhältnisse die Verschiedenheit in den Depressionen und Luftmengen den ungleichen Grubenwiderständen oder dem ungleichen Ventilatoreinflusse zuzuschreiben ist. Resultate solcher Versuche geben nur die Beziehungen der Summe vom Grubenwiderstande, Ventilatorwiderstande und Ventilatoreinflusse zu den gelieferten Depressionen und Luftmengen an. Wir können daraus nicht entnehmen, inwieweit die Verschiedenheit in der Depression und dem Luftquantum von ungleicher Grösse des Grubenwiderstandes allein oder von den besonderen Beschaffenheiten der Ventilatoren herrührt. Daher sind auch die Messungsergebnisse, welche eine grosse Anzahl Kohlengruben von ihren Wetterführungen bestimmt haben, nicht gegenseitig vergleichbar. Sie geben ungenaue Urtheile über die Leistungen der Ventilatoren und über die Grösse der Grubenwiderstände, unter welchen diese die Luft ansaugen.

Wie nach den Versuchsergebnissen der Tabelle 1 die Nutzleistung des offenen Winter-Ventilators mit $1,8^{m}$ Durchmesser im Verhältnisse zu der des Guibal-Ventilators mit Gehäuse und Esse sich nach der üblichen Berechnung zu niedrig und folglich auch dessen Wirkungsgrad in demselben Verhältnisse wie die Nutzleistung zu niedrig ergibt, oder umgekehrt, der Wirkungsgrad des Guibal-Ventilators sich im Verhältnisse zu dem des Winter-Ventilators zu gross berechnet, so dürften jedenfalls in vielen Fällen die Leistungen gut konstruirter offener Ventilatoren gegenüber den Guibal-Ventilatoren irrtümlich mehr oder weniger unterschätzt werden, so dass wir durch die gegenseitige Vergleichung der in der üblichen Weise bestimmten Leistungen der offenen, halb- oder ganz geschlossenen, der mit geraden oder mit gekrümmten Schaufeln ausgerüsteten Ventilatoren in vielen Fällen ein falsches Bild von deren wirklichen Leistungen erhalten.

VI. Bestimmung des Druckes und der Geschwindigkeit des Wetterstromes.

Da zur Untersuchung vorstehender Regeln und Gesetze über Grubenventilation Druckbeobachtungen und Geschwindigkeitsmessungen die Grundoperationen bildeten, so musste Verfasser vorerst im Stande sein, die beiden Grössen, Druck und Geschwindigkeit der Wetter, für jeden Ventilator unter den verschiedensten Umständen möglichst

genau bestimmen zu können und sich über die verschiedenartigen Begriffe von Pressung und Depression Klarheit verschaffen. Man geht, wie bereits erwähnt (siehe Seite 577, Civilingenieur 1894), bei dieser Untersuchung jetzt mit Murgue von der Vorstellung aus, dass die vor Eintritt in die Grube in Ruhe, nach ihrem Eintritte in diese in Bewegung befindliche Luft, bevor sie in den Ventilator einströmt, wieder in den ruhenden Zustand zu versetzen sei, was dadurch erreicht werden soll, dass man sich zwischen Wetterkanal und Ventilator eine weite Kammer eingeschaltet denkt, in welcher die Wettergeschwindigkeit verschwindend klein wird.

Diese Vorstellungsweise ist zwar für die Feststellung der Bewegungsgesetze der verdichteten Luft zutreffend, aber für die der verdünnten Luft dürfte sie, so geistreich die Idee auch ist, nicht ganz glücklich gewählt sein. Abgesehen davon, dass man dadurch nicht leicht zu dem richtigen Begriffe der totalen Kanaldepression gelangt, so scheint es ausserdem erstens, als wenn für Manche durch Einschaltung einer solchen Kammer die Vorstellung von der stetigen Zunahme der Depression vom Eintritte der Luft in die Grube bis zum Eintritte in das Ventilatorrad, welche infolge der Zunahme der von der Luft zu überwindenden Reibungs- und Bewegungshindernisse stattfinden muss, verdunkelt würde; zweitens, als wenn der Umstand, dass man unter Einschaltung einer solchen Kammer unwillkürlich an die plötzlichen Geschwindigkeits- und Richtungsveränderungen denkt, welche die Wetter sowohl beim Eintritte in eine solche weite Kammer, als auch beim Austritte aus ihr in den Einlaufraum des Ventilators zu erleiden hätten, nicht recht geeignet sei, grössere Klarheit in die Vorstellung dieser Druckverhältnisse hineinzubringen. Indessen über diese Bedenken, die blos als beiläufig angeführt zu betrachten sind, kommt man hinweg.

Wir wollen uns zunächst die Aufgabe stellen, die Beziehungen des aerostatischen zum aerodynamischen und zum totalen Drucke, sowie des aerodynamischen zu dem manometrischen Drucke zu ermitteln, nachzuweisen, inwieweit der totale, ingeleichen der manometrische Druck mit dem aerostatischen oder aerodynamischen Druck identisch ist, um dann den totalen Druck aus dem Manometerdrucke und der Druckhöhe der Wettergeschwindigkeit berechnen zu können.

A) Vom Drucke des Wetterstromes und seiner Messung.

1) Druckdifferenz zwischen ein- und ausziehendem Wetterstrom einer Grube und ihre Beziehung zur Wettergeschwindigkeit; totaler Druck; Widerstandsdruck; Manometerdruck; Feststellung des totalen und des Manometerdruckes durch Versuche.

Druckdifferenz und Wettergeschwindigkeit. Die Wirkung einer Grubenventilation beruht auf dem Dichtigkeitsunterschied des einfallenden und des ausziehenden Wetterstromes, wovon der eine Strom die Dichtigkeit der atmosphärischen Luft und der andere eine grössere oder eine geringere Dichtigkeit als letztere besitzt. Auf welche Art der Dichtigkeitsunterschied erzeugt wird, ob durch Erwärmung des ausziehenden oder Ab-

kühlung des einfallenden Wetterstromes, oder ob er durch Verdünnung des ausziehenden oder Verdichten des einfallenden Stromes auf mechanischem Wege durch Maschinen erfolgt, ist bei Feststellung seiner Grösse ohne Einfluss; er ist nach dem Mariotte'schen Gesetze proportional dem Unterschiede der Spannungen beider Wetterströme oder dem Druckunterschiede auf die Wände der betreffenden Räume, wo die Dichtigkeiten der Wetter gemessen werden.

Je nachdem der herrschende Druck der Grubenluft grösser oder kleiner ist als der der freien Atmosphäre, ist die Differenz zwischen beiden Drücken positiv oder negativ; der positive Druck wird mit Pressung, der negative mit Depression bezeichnet. Die Grösse beider wird gewöhnlich in Millimeter Wassersäule angegeben und mittelst Manometers gemessen. Der Ueberdruck hängt aber nicht allein von der Grösse der Spannung, sondern zweitens auch von der Geschwindigkeit der Wetter im Kanale ab. Die gegenseitigen Beziehungen zwischen dynamischem und statischem Drucke hat Bernouilli zunächst für Wasser in dem Satze: „Die hydraulische Druckhöhe an irgend einer Stelle in einem Gefässe ist gleich der hydrostatischen Druckhöhe vermindert um die Differenz der Geschwindigkeitshöhen des Wassers an dieser und an der Eintrittsstelle“ gegeben, welches Gesetz aber auch für Luft Gültigkeit hat, wie später alle, wenigstens alle mit verdichteter Luft angestellten Versuche bestätigt haben.

Es sind nun die nach diesem Gesetze herrschenden Druckverhältnisse erstens zwischen bewegter verdichteter und ruhender verdichteter Luft und dann zwischen bewegter verdünnter und ruhender verdünnter Luft anzugeben, wozu wir uns den Ventilator in jenem Falle die Luft einblasend, in diesem dieselbe ansaugend vorzustellen haben. Bei dieser Betrachtung wird immer auf die Luft in einem zwischen Wetterschacht und Ventilatorraum befindlichen Kanal Bezug genommen werden und von Respiration und Expiration der Luft in diesem Kanale die Rede sein, je nachdem die Luft darin verdichtet oder verdünnt ist.

Die statischen und dynamischen Druckverhältnisse bei blasender Wirkung des Ventilators oder bei Respiration im Kanale. Bezeichnet p die aerostatische, p_1 die aerodynamische Spannung und v die Geschwindigkeit der Wetter im Messquerschnitte des Kanales, so ist, wenn wir der Einfachheit wegen die beiden Spannungen wie die Geschwindigkeitshöhe in Luftsäule ausdrücken, nach dem Bernouilli'schen Gesetze

$$p = p_1 + \frac{v^2}{2g}.$$

Hiernach nimmt die Spannung oder der Druck der Wetter auf die Wände des Kanales genau in dem Maasse ab, wie die Wettergeschwindigkeit zunimmt.

Zur Aufstellung mathematischer Formeln über die Beziehungen zwischen den Pressungen, Depressionen zu den Luftgeschwindigkeiten bedarf es einer von dem jetzigen Gebrauche abweichenden Bezeichnung dieser Grössen. Die Pressung und Depression werden bislang ohne Unterschied mit h bezeichnet, indem man annimmt, dass sie an Grösse

einander gleichwerthig seien. In den folgenden Betrachtungen sollen aber diese beiden Grössen, solange nicht bewiesen ist, dass sie wirklich immer gleich gross sind, nicht blos ihrem Vorzeichen, sondern auch ihrer Grösse nach von einander abweichend angenommen werden.

Es sollen bezeichnen:

h_p die aerostatische Pressung,
 h_{pa} die aerodynamische Pressung,
 h_{pt} die totale Pressung,
 h_{pm} die Manometerpressung,
 h_d die aerostatische Depression,
 h_{da} die aerodynamische Depression,
 h_{dt} die totale Depression,
 h_{dm} die Manometerdepression,

ferner b den Barometerdruck der äusseren Luft; dann berechnen sich die Druckdifferenzen zwischen den Spannungen p und p_1 und dem Barometerdrucke b , die aerostatische h_p - und die aerodynamische h_{pa} -Pressung, wenn wir diese Grössen wieder in Luftsäule ausdrücken, wie folgt:

$$h_p = p - b \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (28)$$

und

$$h_{pa} = p_1 - b = p - \frac{v^2}{2g} - b \quad . \quad . \quad . \quad (29)$$

hieraus folgt:

$$p - h_p = p - h_{pa} - \frac{v^2}{2g}$$

oder

$$h_p = h_{pa} + \frac{v^2}{2g} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (30)$$

d. h. die aerostatische Pressung ist gleich der aerodynamischen Pressung vermehrt um die Geschwindigkeitshöhe.

Ist die Pressung in Millimeter Wassersäule gegeben, so ist die Geschwindigkeitshöhe ebenfalls auf Wassersäule zu reduzieren. Es ist dann, wenn γ das spezifische Gewicht der Luft in Bezug auf Wasser bezeichnet,

$$h_p = h_{pa} + \frac{v^2}{2g} \cdot \gamma.$$

Die Wassersäulenhöhe $\frac{v^2}{2g} \cdot \gamma$ hat bei gleichem Querschnitte mit der Luftsäule $\frac{v^2}{2g}$ gleiches Gewicht oder gleichen Druck.

Die statischen und aerodynamischen Druckverhältnisse bei saugender Wirkung des Ventilators oder bei Expiration im Kanale. Die saugende Wirkungsweise des Ventilators ist es, welche jetzt fast ausschliesslich zur Ventilation ganzer Grubenanlagen angewendet wird. Unter Beibehaltung obiger Bezeichnungen gilt nach dem Bernouilli'schen Gesetze für die Spannung der Wetter im Kanale wieder die Gleichung

$$p = p_1 + \frac{v^2}{2g},$$

d. h. die Abhängigkeit der Kanalspannung von der Geschwindigkeit der Wetter ist bei Luftverdünnung dieselbe, wie wenn Luftverdichtung im Wetterkanale stattfände;

dagegen verhält es sich mit den Druckdifferenzen zwischen der Kanalspannung und dem Barometerdrucke der äusseren Luft, den Depressionen, umgekehrt; denn wenn der von den Wetter auf die Kanalwände ausgeübte Druck kleiner ist, als der von aussen darauf wirkende Barometerdruck, so ergeben sich die Depressionen durch Subtraktion der Kanalspannungen p und p_1 von dem Barometerdruck b ; es ist

$$h_d = b - p \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (31)$$

und

$$h_{da} = b - p_1 = b - \left(p - \frac{v^2}{2g} \right) \quad . \quad . \quad (32)$$

hieraus folgt:

$$h_d + p = h_{da} + p - \frac{v^2}{2g}$$

oder

$$h_d = h_{da} - \frac{v^2}{2g} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (33)$$

d. h. die aerostatische Depression ist gleich der aerodynamischen Depression, vermindert um die Geschwindigkeitshöhe, oder: die aerodynamische Druckhöhe ist gleich der aerostatischen, vermehrt um die Geschwindigkeitshöhe.

Während die aerodynamische Pressung gleich ist der statischen Pressung, vermindert um die Geschwindigkeitshöhe, ist die aerodynamische Depression gleich der statischen Depression, vermehrt um die Geschwindigkeitshöhe.

Totaler oder effektiver Druck. Wie das Wasser zur Hindurchbewegung durch lange Röhren, womit die Bewegung der Luft durch die Wetterkanäle einer Grube am besten zu vergleichen sein dürfte, ein totales Wassergefälle erfordert, das zu seinem grössten Theile zur Ueberwindung der Summe aller Widerstände in der Rohrleitung und zum kleinsten Theile als lebendige Kraft zum Ausflusse des Wassers dient, so enthält auch die totale Wetterdruckhöhe, wonach die Nutzleistung einer Grubenventilation zu berechnen ist, die an der Beobachtungsstelle herrschende Pressung und die der Geschwindigkeit der Wetter entsprechende Druckhöhe; der totale Druck ist gleich dem effektiv wirksamen Ventilationsdruck, dem Drucke, der nicht nur zur Ueberwindung aller Widerstände, welche die Luft auf ihren Wegen in der Grube bis zum Eintritt in das Ventilatorrad infolge der Reibung, sowie der Richtungs- und Querschnittsveränderungen der Wetterwege zu erleiden hat, sondern auch zur Erzeugung der Wettergeschwindigkeit im Messquerschnitte nöthig ist. Nur die Summe aus der Widerstandshöhe und der Geschwindigkeitshöhe giebt den totalen oder effektiven Kanaldruck an. Um die Ventilation einer Grube zu bewirken, ist erforderlich, dass die Luft mit einer gewissen Geschwindigkeit auszieht. Je mehr Luft durch die Grube zirkuliren soll, um so grösser muss die Luftgeschwindigkeit im Auszugskanale sein. Ohne Geschwindigkeit ist kein Auszug möglich.

Ueber die Beziehungen des totalen Druckes zum aerostatischen und aerodynamischen Drucke für verdichtete Luft dürfte kaum ein Zweifel bestehen.

Bewegt sich verdichtete Luft in einem Gefässe, so ist ihr Druck auf dessen innere Wandflächen um so kleiner, je grösser ihre Geschwindigkeit ist, und umgekehrt; er ist am grössten, wenn sich diese Luft im Ruhezustande befindet. Je grösser aber der innere Druck ist, um so grösser ist auch die Differenz zwischen diesem und dem Barometerdruck; Spannung im Innern eines Gefässes und Pressung stehen im geraden Verhältniss zu einander. Mit der Spannungsabnahme um die Geschwindigkeitshöhe $\frac{v^2}{2g}$ im Inneren des Gefässes beim Uebergange der Luft aus der Ruhe in die Bewegung vermindert sich auch der Ueberdruck, die Pressung, um dieselbe Grösse. Ganz dieselben Verhältnisse finden in unserem Wetterkanale statt; auch hier wird sowohl die dynamische Spannung p_1 als auch die dynamische Pressung h_{pa} um so kleiner, je grösser die Wettergeschwindigkeit v ist, und umgekehrt. Die totale Pressung h_{pt} behält aber, solange der vom Ventilator erzeugte totale Kanaldruck, womit sie identisch ist, gleich gross bleibt, immer dieselbe Grösse; sie bleibt konstant und ist immer gleich der Summe des jeweiligen Ueberdruckes und der zur Erzeugung der Geschwindigkeit erforderlichen Druckhöhe; demnach gilt für den Ruhezustand der Luft

$$h_{pt} = h_p \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (34)$$

und für ihren Bewegungszustand

$$h_{pt} = h_{pa} + \frac{v^2}{2g} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (35)$$

Die einem Strome verdichteter Luft innewohnende totale Pressung ist gleich der ihm entsprechenden aerostatischen Pressung h_p oder der Summe von seiner aerodynamischen Pressung und Geschwindigkeitshöhe.

Nicht so einfach, wie diese beiden Beziehungen sind, ist die Relation der totalen Depression zur aerostatischen und aerodynamischen Depression bei saugender Wirkung des Ventilators oder Expiration im Kanale. Setzen wir bei dieser Untersuchung voraus, dass die Depression sich auf denselben Kanal und auf dieselbe Beobachtungsstelle bezieht, worauf die Pressung bezogen wurde; ferner, dass der Grubenwiderstand, sowie die Druckleistung des Ventilators, gleichgültig ob dieser die Luft ansaugt oder ausbläst, in beiden Fällen gleich gross seien, dass also zur Erzeugung von je 1^{mm} totale Pressung derselbe Ventilationsdruck erforderlich ist, als zur Erzeugung von je 1^{mm} totale Depression. Dann sind totaler Ventilationsdruck im Kanale, totale Pressung und totale Depression ihrer Grösse nach gleichwerthige Begriffe; aber letztere beiden Grössen, totale Depression und totale Pressung, sind in ihrer Wirkung nacheinander entgegengesetzt.

Im Allgemeinen lässt sich jedenfalls von der totalen Depression h_{dt} behaupten, dass sie von der aerodynamischen Depression höchstens um die Geschwindigkeitshöhe verschieden sein kann, dass sie entweder um die Geschwindigkeitshöhe kleiner, oder um dieselbe grösser als die aerodynamische Depression, oder ihr gleich zu setzen ist. Wir können sonach das disjunktive Urtheil: Entweder ist $h_{dt} = h_{da} - \frac{v^2}{2g}$, oder $= h_{da} + \frac{v^2}{2g}$, oder $= h_{da}$ aufstellen, das sich in die drei Fragen: Ist

$h_{dt} = h_{da} - \frac{v^2}{2g}$, oder $= h_{da} + \frac{v^2}{2g}$, oder $= h_{da}$? auflösen lässt.

Nach der ersten dieser Gleichungen $h_{dt} = h_{da} - \frac{v^2}{2g}$ wäre die aerodynamische Depression h_{da} um die einfache Geschwindigkeitshöhe grösser als die totale Depression, die mit dem im Kanale wirksamen Ventilationsdrucke gleichwerthig ist; dies ist aber deshalb nicht möglich, weil die aerodynamische Depression nur einen Theil des wirksamen Ventilationsdruckes ausmacht oder höchstens ebenso gross werden kann als dieser.

Die zweite Frage: Ist $h_{dt} = h_{da} + \frac{v^2}{2g}$? ist ebenfalls zu verneinen, weil sich auch aus dieser Gleichung ein Widerspruch ergibt. Denn unter der angenommenen Voraussetzung, dass sowohl die totale Pressung, als die totale Depression an Grösse gleich dem totalen Ventilationsdrucke ist, müsste der Ausdruck $h_{da} + \frac{v^2}{2g}$ für die totale Depression h_{dt} an Grösse gleich der totalen Pressung $h_{pt} = h_{pa} + \frac{v^2}{2g}$, also $h_{pa} + \frac{v^2}{2g} = h_{da} + \frac{v^2}{2g}$, oder $h_{pa} = h_{da}$ sein; andererseits steht aber die aerodynamische Pressung h_{pa} zur Geschwindigkeitshöhe $\frac{v^2}{2g}$ im umgekehrten, die aerodynamische Depression h_{da} aber zur letzteren im geraden Verhältnisse, wonach die erstere (h_{pa}) um die Geschwindigkeitshöhe $\frac{v^2}{2g}$ kleiner als die aerostatische Pressung h_d , hingegen die letztere (h_{da}) um die Geschwindigkeitshöhe $\frac{v^2}{2g}$ grösser als die aerostatische Depression h_d ist. Diese beiden Bedingungen, dass $h_{pt} = h_{dt}$ und gleichzeitig $h_{pa} = h_{da}$ ist, können nicht gleichzeitig erfüllt werden und daher kann auch die Formel $h_{dt} = h_{da} + \frac{v^2}{2g}$ nicht richtig sein. Da nun das doppelt verneinende Urtheil: h_{dt} ist weder $h_{da} - \frac{v^2}{2g}$, noch $h_{da} + \frac{v^2}{2g}$ gültig ist, so löst sich unser disjunktives Urtheil in die einfache Relation auf:

$$h_{dt} = h_{da} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (36)$$

d. h. die totale Depression ist gleich der aerodynamischen Depression.

Wenn in einem geschlossenen Raume sich verdünnte Luft befindet und diese zum Ausströmen gebracht werden soll, so wird zunächst das Gleichgewicht zwischen dieser Luftverdünnung und der Dichte der äusseren Atmosphäre herzustellen sein. Dazu bedarf es eines Druckes, der mit der Luftverdünnung entsprechenden Depression h_d gleichwerthig ist. Ausser zur Herstellung dieses Gleichgewichtes ist zur Bewegung der Luft noch ein weiterer Druck zur Erzeugung der Geschwindigkeitshöhe $\frac{v^2}{2g}$ nöthig, so dass der zur Bewegung der verdünnten Luft vom Ventilator zu erzeugende Totaldruck

$$h_{dt} = h_d + \frac{v^2}{2g}$$

beträgt. Diese Relation gilt auch für die verdünnte Luft im Wetterkanale. Da nach Gleichung (33) auch

$$h_{da} = h_d + \frac{v^2}{2g}$$

ist, so ist folglich

$$h_{dt} = h_{da}.$$

Könnten wir in dem angenommenen Kanale die Wetter aus dem Bewegungs- in den Ruhezustand oder aus diesem in jenen Zustand versetzen, ohne dass dabei Verluste stattfänden, so würde, wenn der totale Ventilationsdruck immer genau derselbe bliebe, auch die im Kanale herrschende totale Pressung, beziehentlich totale Depression bei diesem Uebergange der Wetter aus dem einen in den anderen Zustand konstant bleiben. Wenn Luftverdichtung im Kanale vorhanden wäre, so würde beim Uebergange der Wetter aus dem Bewegungs- in den Ruhezustand die Pressung in dem Verhältniss zunehmen, wie die Wettergeschwindigkeit abnimmt; es würde bei diesem Vorgange die der Wettergeschwindigkeit entsprechende Druckhöhe nicht vernichtet, sondern gleichsam aufgespeichert, um sie hernach beim Uebergange der Wetter aus dem Ruhe- in den Bewegungszustand der statischen Pressung wieder zu entnehmen. Zur Erzeugung der Wettergeschwindigkeit bedürfte es keiner neuen Ventilationskraft, vielmehr wäre diese in der eingeschlossenen verdichteten Luft enthalten. Die totale Pressung ist immer, mag die Luft sich in Ruhe oder in Bewegung befinden, gleich der statischen Pressung. Für den anderen Fall, dass Depression im Kanale vorhanden wäre, würde dagegen nach der Gleichung $h_d = h_{da} - \frac{v^2}{2g}$, oder $h_{da} = h_d + \frac{v^2}{2g}$, wenn die Luft aus der Bewegung in die Ruhe übergeht, die aerodynamische Depression um eine der Geschwindigkeitshöhe gleichwerthige Depression vermindert, also gleich der aerostatischen Depression werden. Umgekehrt, wenn die Luft aus dem Ruhe- in den Bewegungszustand übergeht, würde dazu wieder ein der Geschwindigkeitshöhe gleicher Mehrdruck nöthig. Immer ist die totale Depression gleich der aerodynamischen Depression.

Selbstredend beziehen sich die Betrachtungen über die totale Depression nur auf die Depression im Wetterkanale, nicht aber gleichzeitig auf die Druckverhältnisse, welche im Ventilatorrade selbst, in seinem Gehäuse und seiner Esse stattfinden; denn während im Kanale bis zum Eintritte ins Rad Luftverdünnung stattfindet, wird im Rade die entgegengesetzte Wirkung, nämlich Luftverdichtung erzeugt, wodurch die für den Kanal gültige Beziehung zwischen Druckdifferenz und Wettergeschwindigkeit sich ändert.

Widerstandsdruck. Unter Widerstandsdruck, der mit h bezeichnet wurde, ist derjenige Druckverlust zu verstehen und von uns verstanden worden, welcher der Summe der Widerstände entspricht, der die Luft bei ihrer Bewegung durch die Grube ausgesetzt ist; derselbe ist stets um die einfache Geschwindigkeitshöhe kleiner als der totale Druck; es ist daher

$$h = h_{pt} - \frac{v^2}{2g} = h_p - \frac{v^2}{2g} = h_{pa} \quad (37)$$

Civillingenieur XLI.

und

$$h = h_{dt} = h_d = h_{da} - \frac{v^2}{2g} \quad (38)$$

d. h. der Widerstandsdruck ist gleich der aerodynamischen Pressung und um die Geschwindigkeitshöhe kleiner als die aerodynamische Depression.

Manometerdruck. Die allgemein gültige Annahme der Grösse des Manometerdruckes ist die, dass dieser entweder dem aerostatischen oder dem aerodynamischen Drucke gleichzusetzen sei, je nachdem das Manometer den Druck von ruhiger oder von bewegter Luft anzeige; danach wäre für Grubenventilationen, wo es sich nur um Druckabnahmen von bewegter Luft handelt, sowohl die Manometerpressung (h_{pm}) als die Manometerdepression (h_{dm}) stets identisch mit dem aerodynamischen Drucke; wir hätten sonach erstens für die Manometerpressung $h_{pm} = h_{pa}$, und da nach Gleichung (30)

$$h_{pa} = h_p - \frac{v^2}{2g}$$

und nach Gleichung (34)

$$h_p = h_{pt}$$

ist,

$$h_{pm} = h_p - \frac{v^2}{2g} = h_{pt} - \frac{v^2}{2g} \quad (39)$$

zweitens für die Manometerdepression

$$h_{dm} = h_{da},$$

und da nach Gleichung (36)

$$h_{da} = h_{dt}$$

ist,

$$h_{dm} = h_{dt} \quad (40)$$

Da die Grubenwiderstandsdepression h um $\frac{v^2}{2g}$ kleiner ist als h_{dt} , so ist

$$h = h_{dm} - \frac{v^2}{2g},$$

d. h. die beobachtete manometrische Depression h_{dm} muss stets um ihre Geschwindigkeitshöhe vermindert werden, um die Widerstandsdepression zu erhalten.

Die in den Gleichungen (39) und (40) aufgestellten Beziehungen des Manometerdruckes zu dem totalen Drucke und der Geschwindigkeitshöhe können aber keine Gültigkeit haben, weil wir bei Feststellung der Druckdifferenz zwischen ein- und ausziehendem Wetterstrom den Ueberdruck der Luft auf die inneren Wände des Gefässes oder Kanales, worin die angenommene Luftbewegung stattfindet, mit aerodynamischer Pressung und den Unterdruck der äusseren Atmosphäre gegen den Druck im Kanale mit aerodynamischer Depression bezeichneten; wir verstanden unter dynamischem Druck den Druck der bewegten Luft auf die inneren Gefässwände. An den Stellen der Gefäss- oder Kanalwände, von welchen das Manometer den Druck der bewegten Luft anzeigt, gleitet aber die bewegte Luft nicht an der festen Wand hin, sondern diese ist durch die Manometerrohröffnung unterbrochen, worauf die Ableitung der Gleichungen (39) und (40) keine Rücksicht nimmt. Es fragt sich nun, ob an dieser Öffnung des Manometeranschlussrohres der Manometerdruck

ebenso gross ist, wie der aerodynamische Druck an dieser Stelle sein würde, wenn diese Oeffnung fehlte, oder ob und um wieviel er grösser oder kleiner ist als dieser. Wäre der Manometerdruck gleich dem aerodynamischen Drucke, so könnte ein Ansaugen von Luft in der Nähe der Ausflussöffnung einer Röhre durch eine darin eingebohrte Oeffnung nicht eintreten, weil, wenn hier ein Ansaugen stattfände, der aerodynamische Druck daselbst negativ, also in der Gleichung $h_{pm} = h_{pt} - \frac{v^2}{2g}$ die Geschwindigkeitshöhe grösser als die totale Druckhöhe, das ist $\frac{v^2}{2g} > h_{pt}$ sein müsste, was aber nach unserer Definition der totalen Pressung nicht möglich ist. Nach Gleichung (39) kann die aerodynamische oder manometrische Pressung höchstens gleich Null und ein seitliches Ansaugen von Luft am Ende einer Röhre nicht erzeugt werden. Bedenkt man aber die Wirkung der Saugstrahlpumpen und der Injektoren, so kommt man allerdings auf den Gedanken, dass ein solches seitliches Ansaugen am Ende einer Röhre doch stattfinden könne. Im Wassertrommelgebläse wird die Luft an der obersten Stelle und in der Saugstrahlpumpe an der untersten Stelle der Wassereinfallröhre, in dieser jedoch unter Anwendung eines konisch divergenten Ausflussrohrstückes, angesaugt; danach sollte man meinen, müsste es möglich sein, fast an jeder Stelle einer Wassereinfallröhre, wo sich auch immer eine Oeffnung in ihr befinden mag, ein Ansaugen von Luft zu erzeugen. Der Vorgang eines solchen Ansaugens ist jedenfalls so, dass die Luft, welche an der betreffenden Oeffnung mit den bewegten Wasser- oder Luftstrahlen in Berührung kommt, vermöge der lebendigen Kraft der letzteren mit fortgerissen wird, und so andere Lufttheilchen aus der Oeffnung nachströmen müssen. Je grösser die Geschwindigkeit des bewegten Wasser- oder Luftstromes ist, um so grösser wird danach dieses Ansaugen sein. Wenn aber ein Luftstrom im Kanale an einer Oeffnung, wie die des Manometeransschlussrohres, ein Ansaugen hervorzubringen vermag, so wird auch die Flüssigkeitssäule im Manometerglase, welches mit diesem Rohre in Verbindung steht, dementsprechend fallen. Dann wäre aber der Manometerdruck nicht identisch mit dem aerodynamischen Drucke. Es scheint, als wenn das Bernouilli'sche Gesetz über den dynamischen Druck nur von dem Drucke gelte, der auf die geschlossenen Wände eines Gefässes ausgeübt wird, während an offenen Stellen desselben Gefässes diese Beziehung zwischen statischem Druck und Geschwindigkeit nicht zutreffend wäre, als wenn dieses Gesetz nur insoweit richtig sei, insoweit man unter h_{pa} den dynamischen Druck auf die Gefässwände versteht und diesen nicht mit dem Manometerdrucke h_{pm} verwechselt.

Die Beantwortung der Frage, bis zu welchem Grade der Verdünnung die Luft aus einem Manometeranschlussrohre, dessen Mündungsquerschnitt parallel zur Stromrichtung steht, angesaugt wird, also welche Depression der Manometerflüssigkeit ein solches Ansaugen des Luftstromes an der Manometerrohröffnung bewirken kann, ist theoretisch, ohne Benutzung von Resultaten vorausgegangener, hierauf gerichteter Versuche kaum möglich. Es lässt sich nur so viel sagen, dass diese Saugkraft der

an der Manometerrohröffnung vorbeiströmenden Luft nicht grösser sein kann, als die doppelte Druckhöhe ihrer Geschwindigkeit beträgt, weil die lebendige Kraft eines Wasser- oder Luftstromes in keiner ihrer Ausnutzungsweisen diese Grösse übersteigt. So ist die aus der Geschwindigkeit des aus einem stillstehenden Gefässe fliessenden Wassers hervorgehende Kraft, wo das Wasser durch Reaktion wirkt, gleich dem Gewichte einer Wassersäule, die den Querschnitt des Strahles zur Basis und die doppelte Druckhöhe zur Höhe hat. Ebenso gross ist dieselbe, wenn sie als Normalstoss eines Wasser- oder Luftstrahles gegen eine ebene Fläche wirkt. Danach würde die saugende Wirkung eines Luftstromes im Kanale auf die Luft im Manometerrohre im günstigsten Falle, wenn seine volle lebendige Kraft dazu verwendet wird, höchstens bis zur doppelten Geschwindigkeitshöhe $\frac{v^2}{2g}$ anwachsen können.

Unter Annahme dieser grössten Saugwirkung der Luft an der Manometerrohröffnung im Wetterkanale würde das Manometer die aerodynamische Pressung um die zweifache Geschwindigkeitshöhe zu klein anzeigen, und wir könnten setzen

$$h_{pm} = h_{pa} - 2 \frac{v^2}{2g} \quad . \quad . \quad . \quad (41)$$

oder für

$$h_{pa} = h_{pt} - \frac{v^2}{2g}$$

eingesetzt,

$$h_{pm} = h_{pt} - 3 \frac{v^2}{2g}.$$

Diesen theoretischen Werth wird voraussichtlich die Manometerpressung wegen der Widerstände im Rohre nicht ganz erreichen, sondern es wird jedenfalls

$$h_{pm} > h_{pa} - \frac{v^2}{2g} \quad \text{und} \quad < h_{pa} - 2 \frac{v^2}{2g}$$

sein. Analog dieser Manometerpressungsberechnung ergäbe sich die Manometerdepression um die doppelte Geschwindigkeitshöhe $\left(2 \frac{v^2}{2g}\right)$ grösser als die aerodynamische Depression, es wäre

$$h_{dm} = h_{da} + 2 \frac{v^2}{2g},$$

und da

$$h_{da} = h_{dt}$$

ist, auch

$$h_{dm} = h_{dt} + 2 \frac{v^2}{2g} \quad . \quad . \quad . \quad (42)$$

Zur Veranschaulichung der vorstehend aufgestellten Beziehungen der verschiedenartigen Pressungen und Depressionen zur Geschwindigkeitshöhe ist auf Tafel I in den Figuren 1^a bis 1^d der Manometerstand so aufgezeichnet, wie er sich stellt a) wenn Respiration im Wetterkanale stattfindet, die Grube geschlossen, also die Luft in Ruhe ist (Fig. 1^a); b) wenn Respiration im Wetterkanale stattfindet, die Grube offen, also die Luft in Bewegung ist (Fig. 1^b); c) wenn Expiration im Kanale stattfindet und die Grube geschlossen ist (Fig. 1^c); d) wenn Expiration im Wetterkanale stattfindet und die Grube offen ist (Fig. 1^d).

Feststellung des totalen und des Manometerdruckes durch Versuche.

Die Feststellung des Manometerdruckes mit Hülfe eines anderen Druckes ist deshalb nicht so ohne Weiteres möglich, weil der andere Druck, sei es der totale, oder der dynamische, oder der Widerstandsdruck, sich erst aus dem Manometerdrucke berechnet. Die Bestimmung jener Drücke setzt voraus, dass der Manometerdruck bekannt ist. Wir waren bis jetzt noch nicht im Stande, einen dieser Drücke der Wetter im Kanale zu bestimmen. Zur Bestimmung des Manometerdruckes bedurfte es erst besonderer hierauf gerichteter Versuche. Wie diese Versuche anzustellen sind, liegt nicht ganz klar vor Augen, es bedurfte hierzu einer glücklichen Wahl des Versuches. Diese Wahl betrifft in der Hauptsache den speziellen Versuch an der Stelle einer Luftleitung, wo einer der Drücke bekannt ist, also wo z. B. der aerodynamische Druck gleich Null ist. Wie von selbst einleuchtet, fehlt der aerodynamische Druck da, wo die bewegte Ventilationsluft mit der äusseren atmosphärischen Luft in Berührung kommt. Diesen Spannungszustand findet man unter andern an den Ausflussöffnungen von Röhren und Lutzenleitungen. An diesen Stellen ist der Totaldruck sowohl von bewegter verdünnter, als von bewegter verdichteter Luft ein Minimum und gleich der in der bewegten Luft enthaltenen lebendigen Kraft, also, wenn die ganze Geschwindigkeit in Druck umgesetzt wird, gleich der Geschwindigkeitshöhe $\frac{v^2}{2g}$.

Die darüber ausgeführten Versuche bestehen im Wesentlichen in der Messung der Pressungen, Depressionen und Geschwindigkeiten der Luftströme, die in einer Lutzenleitung durch Einführung eines komprimierten Luftstrahles erzeugt wurden. Es wurde dazu die im Grubenreviere des Königin Carolaschachtes zum Betriebe des söhlig und geradlinig getriebenen achten Westquerschlagel daselbst gelegte Luttentour *AB* (Fig. 1, Taf. I) benutzt; diese fast genau horizontal und geradlinig gelegte Luttentour hatte 138,6^m Länge, 0,3^m lichten Durchmesser oder 0,07^m lichten Querschnitt und bestand durchgehend aus neuen Lutten, deren Wechsel möglichst vollkommen abgedichtet waren. Die zu den beabsichtigten Versuchen nöthigen Pressungen und Geschwindigkeiten der Luft in diesem Lutzenstrange wurden dadurch erzeugt, dass man von der Rohrtour für komprimierte Luft, welche in diesem Schachtreviere von dem über Tage beim Carolaschachte aufgestellten Kompressor durch den Schacht, die Querschläge und die Haupttrecken nach einigen Betriebspunkten gelegt ist, ein Gasrohr abzweigte und bis zu der Stelle führte, wo die komprimierte Luft in den Lutzenstrang *AB* einströmen sollte; an das 25^{mm} im Lichten messende Gasrohr *CD* (Fig. 1) war ein kurzes Knierohr (*a*) so angeschraubt, dass es sich leicht drehen liess, und an letzteres ein Ausblasestück (*b*) befestigt, bestehend aus einem Rohrverschlussstücke, das mit einer kleinen abgemessenen Oeffnung versehen und nach innen konisch abgedreht war. Damit das Kropfrohr (*a*) sammt dem Ausblasestück (*b*), der Bläser, wie wir beide Theile zusammen nennen wollen, deren mehrere, und zwar mit 4^{mm}, 5^{mm}, 6^{mm}, 7^{mm} und 8^{mm} Oeffnungsdurchmesser Verwendung fan-

den, in den Luttenstrang eingeführt und darin abwechselnd nach beiden Richtungen und genau parallel der Luttenachse gestellt werden konnte, hatte die Lutte neben dem Bläser eine kleine Oeffnung, die sich durch ein kleines Thürchen (*c*) öffnen und schliessen liess. Um beim Schliessen einen luftdichten Abschluss zu erzielen, war das Thürchen an seinem Umfange, womit es sich auf der Lutte auflegte, mit einer Filzleiste versehen und wurde mittelst eines kleinen Riegels an die Luttenwand angepresst. 1,3^m vom Bläser entfernt, war auf dem Gasrohre ein Manometer (*d*) aufgeschraubt, um den Druck der komprimierten Luft während der Versuche beobachten zu können; endlich befand sich zwischen dem Bläser und dem Manometer ein Absperrhahn (*e*) eingeschaltet.

Zur Abnahme der Pressungen der Luft in der Luttentour waren in 10^m Entfernung vom Bläser zu beiden Seiten, in gleichen 1^m von dem einen Luttenende zurück in den aus Fig. 1, Taf. I, ersichtlichen Punkten I, II der Luttentour, wo die Abnahmen stattfinden sollten, Löcher zur Aufnahme der Manometeranschlussröhren eingebohrt. Diese Anschlussröhren wurden in zwei verschiedenen Formen angewendet; die eine davon (Fig. 3, Taf. I) bildete ein cylindrisches Eisenröhrchen, dessen beide Endflächen rechtwinklig zu seiner Längsachse standen, während das andere (Fig. 4) an dem Ende, womit es in die Lutte eingeführt wurde, gekröpft, um einen Viertelkreis gekrümmt war, so dass die Richtung dieser Endfläche gegen die andere um einen rechten Winkel abwich. Ungefähr in der Mitte dieser beiden verschieden geformten Anschlussröhren, welche gleiche Länge und gleiche lichte Weite hatten, war ein Scheibchen (*a*) (Fig. 3 und 4) angebracht, bis zu welchem diese Röhren in die Lutten eingeführt und womit sie auf letztere aufgesetzt wurden, so dass die Mündungen ihrer in die Lutten eingeführten Enden stets dieselbe Lage zum Querschnitt der Lutte und zum Bläser einnahmen.

Das Manometer wurde neben dem Punkte, wo die Abnahme der Pressung erfolgen sollte, mittelst Kautschukrohres mit dem in der Lutte eingeführten Anschlussrohre in Verbindung gebracht und das Steigen oder Fallen der Flüssigkeit im Glasrohre bis auf Millimeter abgelesen und bis auf Zehntelmillimeter abgeschätzt. Bei diesen Druckbeobachtungen wurde peinlich genau verfahren. Um ein möglichst sicheres Ablesen zu erreichen, war das Manometer so aufgestellt, dass der Beobachter sein Auge bequem in das Niveau des Flüssigkeitsspiegels vor dem Glase bringen konnte. Der Stand des Spiegels oder Meniskus der Flüssigkeitssäule wurde sowohl vor der Verbindung des Manometers mit dem Luttenraume, als nach derselben beide Male genau fixirt und abgelesen. Diese Ablesung der Druckhöhe wurde unter wiederholtem Ausser- und Inverbindungsetzen des Manometers mit dem Luttenraume vorgenommen, wodurch die Ungenauigkeit, die aus dem ungleichen Anhaften der Manometerflüssigkeit an den Wänden der Manometerglasröhre hervorgeht, vermindert wurde; zudem wurde eine jede dieser Pressungsabnahmen nicht nur von einem Beobachter ausgeführt, sondern von einem zweiten wiederholt, wodurch die diesen, wie allen solchen Pressungsbestimmungen anhängenden Ungenauigkeiten auf ein Minimum reduzirt sein dürften. Neben den Manometer-

Tabelle

(Hierzu Fig. 1, 2^a, 2^b.)

Fort- lau- fende Nr.	Bläser- öffnungs- Durch- messer	Beobachtete Grössen.							
		Manometerdruck							
		im Beobachtungspunkte II, 10 ^m von dem in der Mitte des Luten- stranges einmündenden Bläser befindlich,				im Beobachtungspunkte I, am Ende A des Lutenstranges befindlich,			
		unter Anwendung eines Verbindungsrohres				unter Anwendung eines Verbindungsrohres			
		mit gerader, recht- winkelig zu seiner Längsachse stehen- der Mündung. Röhre (a) 	mit gekrümmtem Ansatzstücke, dessen Mündung dem Wetter- strome entgegen gerichtet ist. Röhre (b) 	dem Wetter- strome abwärts gerichtet ist. Röhre (c) 	rechtwinkelig zur Richtung des Wetterstromes gerichtet ist. Röhre (d) 	mit gerader, recht- winkelig zu seiner Längsachse stehen- der Mündung. Röhre (a) 	mit gekrümmtem Ansatzstücke, dessen Mündung dem Wetter- strome entgegen gerichtet ist. Röhre (b) 	dem Wetter- strome abwärts gerichtet ist. Röhre (c) 	
		1	2	3	3a	4	5	6	
I. Die Luft wurde im Messquerschnitte I									
1	5,0	+ 3,5	+ 6,2	+ 4,4	+ 3,4	— 1,2	+ 1,4	— 0,3	
2	6,0	+ 5,2	+ 9,1	+ 6,4	.	— 1,9	+ 2,2	— 0,4	
3	7,0	+ 7,0	+ 12,6	+ 8,8	.	— 2,6	+ 3,1	— 0,4	
4	8,0	+ 7,6	+ 14,2	+ 9,4	+ 7,2	— 3,1	+ 3,4	— 0,5	
II. Die Luft wurde im Messquerschnitte I									
5	5,0	— 6,6	— 4,6	— 6,0	+ 6,3	— 2,2	— 0,0	— 1,4	
6	6,0	— 9,5	— 6,4	— 8,9	.	— 3,2	— 0,0	— 2,3	
7	7,0	— 13,2	— 8,9	— 12,0	.	— 4,2	— 0,0	— 3,1	
8	8,0	— 14,1	— 9,4	— 13,3	+ 14,2	— 4,8	— 0,0	— 3,5	

beobachtungen maass man gleichzeitig das aus den Luttentrögende Luftquantum mittelst eines vom Mechaniker Rosenmüller in Dresden angefertigten Anemometers, welches die Geschwindigkeit der Luft direkt in Metern anzeigt, und das vom Verfasser zuvor eigens tarirt wurde, worauf später zurückzukommen ist.

Zur Erzeugung der gewünschten Luftströme galt es, die komprimierte Luft unter ganz konstantem Drucke ausblasen zu lassen. Hierzu erfolgte der Versuch Sonntags, wo eine Druckluftentnahme ausser an der Versuchsstelle nirgends stattfand. Ein zuverlässiger Maschinenwärter erhielt den Auftrag, die Spiele des Kompressors über Tage so zu regeln, dass der Druck der komprimierten Luft an dem im Maschinenhause befindlichen Manometer vier Atmosphären betrug. Ob dieser Druck wirklich stattfand, konnte an dem Manometer, das in der Grube an der Beobachtungsstelle auf dem Druckrohre aufgeschraubt war, während des Versuches nicht gesehen werden, weil die Luft sich unterdessen in dem Druckrohre, worauf dieses Manometer befestigt war, in Bewegung befand. Der Druck war hier um so kleiner, je mehr Luft aus dem Bläser ausströmte, je grösser die Luftgeschwindigkeit in dem mit Manometer versehenen Gasrohre war; aber man konnte sich von dem Drucke, welcher über Tage herrschte, jeden Augenblick überzeugen, indem man nur den zwischen dem Bläser und dem Manometer befindlichen Absperrhahn zuzudrehen und am Manometer nachzusehen

brauchte, ob der Druck 4^{at} betrug, was denn auch regelmässig beobachtet werden konnte.

Es konnten in dem Luttentränge unter Wirkung eines konstanten Ventilationsdruckes abwechselnd ein verdichteter, blasender oder ein verdünnter, saugender Luftstrom erzeugt und die zum gegenseitigen Vergleiche beobachteten Manometerpressungen und Manometerdepressionen immer unter konstantem Drucke der komprimierten Luft abgenommen werden, so dass diese Manometerdrücke direkt mit einander verglichen werden können.

Nachdem der Hahn (e) (Fig. 1) geöffnet und das Ausblasestück (b) des Bläfers so gestellt war, dass die Luft aus ihm parallel zur Luttenschachse ausströmte, wurde zu den Druck- und Geschwindigkeitsabnahmen vorgegangen.

Die Druckabnahmen erfolgten in dem in der Mitte der Luttentour befindlichen Beobachtungspunkte II und in dem an ihrem Ende hergestellten Beobachtungspunkte I (Fig. 1), und zwar wurde in beiden Beobachtungspunkten der Druck nacheinander mit den zwei in den Figuren 3 und 4 abgebildeten Anschlussröhren in den in Tabelle 16, Spalte 1—4 näher angegebenen und aus den Figuren 2^a und 2^b ersichtlichen Stellungen abgenommen. Zu der Wahl des Beobachtungspunktes I am Ende der Luttentour sei noch bemerkt, dass hier zunächst an zwei Punkten, von denen der eine 1,0^m und der andere nur 0,1^m vom Luttende abstand, Druckabnahmen stattfanden, und erst nach Konstatierung, dass sich der Unterschied der Drücke in

16.

Taf. I.)

			Berechnete Grössen.						
Mittlere Geschwindigkeit der aus den Lutten strömenden Luft v	Druck der komprimierten Betriebsluft		Geschwindigkeits- höhe $\frac{v^2}{2g} \gamma$	Widerstandsdruck oder die Differenz zwischen dem Manometerdrucke unter Spalte			Mittlerer Widerstandsdruck oder Mittelwerth von den Werthen in den Spalten 11, 12, 13	Aerodynamischer Druck im Beobachtungspunkte II, berechnet aus dem Widerstandsdrucke (Spalte 14) und der Geschwindigkeitshöhe (Spalte 10)	Totaler Druck
	über Tage im Maschinenhause	in der Grube vor dem Bläser		4 und 1	5 und 2	6 und 3			
m	at	at	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
des Luttenstranges (A) ausgeblasen.									
3,6	4,0	3,80	0,79	+ 4,7	+ 4,8	+ 4,7	+ 4,7	+ 4,7	+ 5,49
4,4	4,0	3,60	1,18	+ 7,1	+ 6,9	+ 6,8	+ 6,9	+ 6,9	+ 8,08
5,1	4,0	3,35	1,59	+ 9,6	+ 9,5	+ 9,2	+ 9,4	+ 9,4	+ 10,99
5,5	4,0	3,25	1,85	+ 10,7	+ 10,8	+ 9,9	+ 10,4	+ 10,4	+ 12,25
des Luttenstranges (A) angesaugt.									
3,4	4,0	3,80	0,70	— 4,4	— 4,6	— 4,6	— 4,5	— 5,20	— 5,20
4,1	4,0	3,60	1,03	— 6,3	— 6,4	— 6,6	— 6,4	— 7,43	— 7,43
4,8	4,0	3,35	1,41	— 9,0	— 8,9	— 8,9	— 8,9	— 10,31	— 10,31
5,1	4,0	3,25	1,59	— 9,3	— 9,4	— 9,8	— 9,5	— 11,09	— 11,09

diesen beiden Punkten wegen seiner Kleinheit nicht messen liess, der 1,0^m vom Luttenende entfernte Beobachtungspunkt als beständiger Beobachtungspunkt I gewählt wurde. — Unterdessen die Druckabnahmen erfolgten, maass ein zweiter Beobachter die Geschwindigkeit der Luttenluft der beiden Luttenenden mittelst Anemometers, welches um ein Drittel des Luttendurchmessers vom Umfange der Lutten entfernt an einem dazu am Luttenende angebrachten Haken aufgehängt war. Waren alle diese Druck- und Geschwindigkeitsmessungen beendet, so wurde der Bläser um 180 Grad gedreht, so dass nunmehr in dem Luttenstrangtheile, wo Luftverdichtung oder Pressung während der ersten Druckabnahmen stattfand, Luftverdünnung oder Depression herrschte, oder umgekehrt; und nun wurden sämtliche Druck- und Geschwindigkeitsbeobachtungen wiederholt. Nach Beendigung dieser Messungen bei veränderter Bläserstellung wurde das Ausblasestück (b) (Fig. 1) ab- und ein zweites mit anderer Oeffnung angeschraubt und die Versuche von neuem wiederholt.

Die Resultate dieser Druckbeobachtungen und Geschwindigkeitsmessungen sind in vorstehender Tabelle 16 zusammengestellt; es sind darin nicht nur die mit einander übereinstimmenden, sondern auch die von einander abweichenden, also sämtliche Ergebnisse aufgeführt.

Zur richtigen Beurtheilung vorstehender Versuchsergebnisse sei nochmals kurz erwähnt, dass die Widerstände,

die der Luftstrom in den Lutten während der Versuche zu überwinden hatte, infolge der getroffenen Vorkehrungen immer dieselben waren, gleichviel nach welcher Seite hin der Bläser die Luft ausblies, ob in dem einen Theile des Luttenstranges Pressung und in dem anderen Depression, oder ob diese Druckverhältnisse in umgekehrter Weise stattfanden; zweitens, dass der Druck der komprimierten Luft immer 4^{at} betrug, so dass ein jeder der benutzten Bläser immer genau dasselbe Pressluftquantum ausblies, das die wirkende Kraft dieser Luttenventilation bildete. Die Verschiedenheit im Gewichte der verdünnten und verdichteten Luft kann, ohne eine merkliche Ungenauigkeit zu begehen, unberücksichtigt bleiben, weil die Unterschiede in den abgenommenen Pressungen noch nicht einmal 20^{mm} Wassersäule betragen.

In den Spalten 1 bis 3^a der Tabelle 16 sind die in der Mitte des Luttenstranges im Beobachtungspunkte II, in den Spalten 4 bis 6 die am Ende der Luttentour im Beobachtungspunkte I abgenommenen Manometerdrücke, in Spalte 7 die gemessenen Geschwindigkeiten der Luft in der Luttentour und in den Spalten 8 und 9 der Druck der komprimierten Betriebsluft aufgeführt; aus diesen in Spalte 1 bis 7 angegebenen Beobachtungswerthen sind die in den Spalten 10 bis 16 enthaltenen Zahlen berechnet.

In dem Beobachtungspunkte I am Ende der Luttentour kann angenommen werden, dass die Widerstands-

pressung oder Widerstandsdepression gleich Null ist, weil hier die Luttluft unmittelbar mit der Luft im Querschlag in Berührung steht und es hier keine Druckverluste giebt. Da der totale Druck stets um die einfache Geschwindigkeitshöhe grösser ist als der Widerstandsdruck, so lässt sich für den Beobachtungspunkt I annehmen, dass hier der totale Druck immer den Werth der Geschwindigkeitshöhe des Luftstromes hat. Jede Abweichung des Manometerdruckes, worunter wir vorläufig nur den Druck verstehen wollen, der sich unter Abnahme mit einer geraden Manometeranschlussröhre (a) (Spalte 1 und 4) ergibt, kann folglich nur von der saugenden Wirkung des an der Oeffnung des Manometeranschlussrohres sich vorbei bewegenden Luftstromes herrühren. Auf Grund dieser unanfechtbaren Annahmen, die für unsern Nachweis der Grösse des Manometerdruckes die Axiome bilden, kann die Feststellung der gegenseitigen Beziehungen zwischen Manometerdruck und Widerstands- sowie totalem Druck erfolgen. Das Manometer giebt an jeder Stelle einer Röhrentour die Summe aus dem Widerstandsdrucke und der Grösse der saugenden Wirkung des in der Röhre zirkulirenden Luftstromes auf die Manometerrohröffnung an. Kennt man die Grösse dieser saugenden Wirkung und zieht sie von dem beobachteten Manometerdrucke ab, so erhält man den gesuchten Widerstandsdruck. Bei Aufstellung von Berechnungsformeln für den Widerstandsdruck aus dem Manometerdruck kommt es also darauf an, diese saugende Wirkung des Luftstromes zu kennen. Ist diese Annahme richtig, so müssen, wenn wir von den in der Mitte der Luttentour im Beobachtungspunkte II abgenommenen, in den Spalten 1 bis 3 aufgeführten Manometerdrücken jene am Ende der Luttentour im Beobachtungspunkte I abgenommenen, in den Spalten 4 bis 6 aufgeführten Manometerdrücke abziehen, die daraus hervorgehenden Druckdifferenzen gleich gross sein, weil diese den Widerstandsdruck angeben, der für gleiche Luftgeschwindigkeit immer gleich gross ist. Wie aus den Spalten 11 bis 14 hervorgeht, ist dies denn auch der Fall. Damit die in Spalte 4 aufgeführten Pressungen und Depressionen, welche die Druckunterschiede zwischen Widerstands- und Manometerdruck angeben, allgemeine Gültigkeit erlangen, also um daraus Formeln zur Berechnung des Widerstandsdruckes aus dem Manometerdrucke aufstellen zu können, ist bloss noch nöthig, dass man sie in Geschwindigkeitshöhe umrechnet. Der mit dem Manometerrohre (a) im Beobachtungspunkte I abgenommene, in Spalte 4 aufgeführte Manometerdruck berechnet sich als Vielfaches der in Spalte 10 enthaltenen einfachen Geschwindigkeitshöhe,

$$\begin{array}{lcl} \text{nach dem Versuche 1 zu } h_{pm} = - \frac{1,2}{0,79} \cdot \frac{v^2}{2g} = - 1,52 \frac{v^2}{2g} \\ \text{„ „ „ 2 „ } h_{pm} = - \frac{1,9}{1,18} \cdot \frac{v^2}{2g} = - 1,61 \frac{v^2}{2g} \\ \text{„ „ „ 3 „ } h_{pm} = - \frac{2,6}{1,59} \cdot \frac{v^2}{2g} = - 1,63 \frac{v^2}{2g} \\ \text{„ „ „ 4 „ } h_{pm} = - \frac{3,1}{1,85} \cdot \frac{v^2}{2g} = - 1,68 \frac{v^2}{2g} \\ \text{Im Mittel zu } h_{pm} = - 1,61 \frac{v^2}{2g} \end{array}$$

ferner

$$\begin{array}{lcl} \text{nach dem Versuche 5 zu } h_{dm} = - \frac{2,2}{0,7} \cdot \frac{v^2}{2g} = - 3,14 \frac{v^2}{2g} \\ \text{„ „ „ 6 „ } h_{dm} = - \frac{3,2}{1,03} \cdot \frac{v^2}{2g} = - 3,10 \frac{v^2}{2g} \\ \text{„ „ „ 7 „ } h_{dm} = - \frac{4,2}{1,41} \cdot \frac{v^2}{2g} = - 2,98 \frac{v^2}{2g} \\ \text{„ „ „ 8 „ } h_{dm} = - \frac{4,8}{1,09} \cdot \frac{v^2}{2g} = - 3,02 \frac{v^2}{2g} \\ \text{Im Mittel zu } h_{dm} = - 3,06 \frac{v^2}{2g} \end{array}$$

Ziehen wir diese für h_{pm} und h_{dm} berechneten Werthe von dem im Beobachtungspunkte II abgenommenen Manometerdruck ab, so ergibt sich der Widerstandsdruck in diesem Punkte, wie er in Spalte 11 berechnet ist. Da diese Bestimmung des Widerstandsdruckes nicht allein für den Beobachtungspunkt II, sondern auch für jeden anderen Beobachtungspunkt gilt, so lässt sich der Widerstandsdruck h im Allgemeinen aus dem Manometerdruck wie folgt berechnen:

$$h = h_{pm} + 1,61 \frac{v^2}{2g}$$

und

$$h = h_{dm} - 3,06 \frac{v^2}{2g},$$

d. h. der Widerstandsdruck ist um die 1,61fache Geschwindigkeitshöhe grösser als die Manometerpressung, oder um die 3,06fache Geschwindigkeitshöhe kleiner als die Manometerdepression.

Da der totale Druck um die einfache Geschwindigkeitshöhe grösser ist als der Widerstandsdruck, so ist der totale Druck

$$h_t = h_p = h_{pm} + (1,61 + 1,0) \frac{v^2}{2g} = h_{pm} + 2,61 \frac{v^2}{2g}$$

und

$$h_t = h_{dt} = h_{dm} - (3,06 - 1,0) \frac{v^2}{2g} = h_{dm} - 2,06 \frac{v^2}{2g},$$

d. h. die totale Pressung ist um die 2,61fache Geschwindigkeitshöhe grösser als die Manometerpressung und die totale Depression um die 2,06fache Geschwindigkeitshöhe kleiner als die Manometerdepression.

Da endlich die aerodynamische Pressung mit der Widerstandspressung gleichwerthig, die aerodynamische Depression um die einfache Geschwindigkeitshöhe grösser ist als der Widerstandsdruck, so ergibt sich

die aerodynamische Pressung

$$h_{pa} = h = h_{pm} + 1,61 \frac{v^2}{2g}$$

und die aerodynamische Depression

$$h_{da} = h_{dt} = h_{dm} - 2,06 \frac{v^2}{2g},$$

d. h. die aerodynamische Pressung ist um die 1,61fache Geschwindigkeitshöhe grösser als die Manometerpressung und die aerodynamische Depression um die 2,06fache Geschwindigkeitshöhe kleiner als die Manometerdepression. In Anbetracht, dass vorstehend aufgestellte Berechnung des Widerstands- und des Totaldruckes aus dem Mano-

meterdruck und der Geschwindigkeitshöhe von der jetzt dafür allgemein gültigen Berechnung so ganz und gar abweicht, und in Rücksicht auf die Wichtigkeit, die diese Bestimmung hat, hat der Verfasser nochmals hierauf gerichtete Versuche mit grossen Luftgeschwindigkeiten vorgenommen, wodurch die Richtigkeit vorstehender Relationen zur Berechnung des Widerstands- und des totalen Druckes Bestätigung findet. Diese Versuche bestanden in Druckbeobachtungen und Geschwindigkeitsmessungen am Ende einer kurzen Lutzenleitung von $0,07 \square^m$ Querschnitt.

Die Druckmessungen erfolgten einmal wieder an einem Hebermanometer, und ausserdem noch an einem Gefässmanometer, dessen Gefässquerschnitt $0,04 \square^m$ misst; auch geschahen die Druckablesungen nicht nur direkt mit blossem Auge, sondern auch mit dem Fernrohre eines Nivellirinstrumentes, das in 6^m Entfernung vom Manometer aufgestellt war. Das zur Messung der Luftgeschwindigkeit benutzte Anemometer hatte der Verfasser zuvor nach der Pulverrauchmethode tarirt. Die Ergebnisse dieser Versuche enthält nachstehende Tabelle.

Tabelle 17.

Fort- lau- fende Num- mer	Luft- geschwin- digkeit in Metern	Geschwin- digkeits- höhe in Milli- metern	Manometerdruck, mit der geraden Manometerrohre (a) bestimmt		Manometerdruck, mit der gekrümmten Manometer- rohre in der Lage (b)		Manometerdruck, mit der gekrümmten Manometer- rohre in der Lage (c)		Anmerkungen
			in Milli- metern	als Vielfaches der in Spalte 2 aufgeführten Geschwindig- keitshöhe	in Milli- metern	als Vielfaches der in Spalte 2 aufgeführten Geschwindig- keitshöhe	in Milli- metern	als Vielfaches der in Spalte 2 aufgeführten Geschwindig- keitshöhe	
1	2	3	4	5	6	7	8		
I. Die Luft wurde im Messquerschnitte am Ende des Lutzenstranges ausgeblasen.									
1	4,7	1,3	— 2,0	1,54	+ 2,0	1,54	— 0,5	0,39	Diese Pressungen wurden mittelst Gefässmanometers bestimmt.
2	9,2	5,1	— 8,3	1,62	+ 8,2	1,61	— 3,4	0,67	
3	12,0	8,6	— 13,5	1,56	+ 12,5	1,45	— 4,5	0,52	
4	14,1	12,0	— 18,5	1,54	+ 17,3	1,44	— 6,0	0,50	
5	4,4	1,2	— 2,0	1,67	+ 2,0	1,67	— 0,6	0,50	Diese Pressungen wurden mittelst Hebermanometers bestimmt.
6	8,9	4,7	— 8,6	1,83	+ 8,0	1,70	— 2,9	0,62	
7	12,6	9,5	— 15,9	1,67	+ 16,5	1,83	— 6,3	0,61	
II. Die Luft wurde im Messquerschnitte am Ende des Lutzenstranges angesaugt.									
1	5,2	1,6	— 4,6	2,90	0,0		— 2,9	1,81	Diese Depressionen wurden mittelst Gefässmanometers bestimmt.
2	10,6	6,7	— 18,3	2,80	0,0		— 11,5	1,72	
3	11,8	8,4	— 23,5	2,80	0,0		— 14,7	1,75	
4	5,4	1,5	— 4,8	3,20	0,0	0,0	— 3,6	2,40	Diese Depressionen wurden mittelst Hebermanometers bestimmt.
5	10,4	6,5	— 19,3	2,97	0,0	0,0	— 13,8	2,12	
6	11,5	8,0	— 26,5	3,25	0,0	0,0	— 16,5	2,06	

Nach den Resultaten dieser Tabelle bleiben die am Gefässmanometer beobachteten Pressungen und Depressionen gegen die mit dem Hebermanometer abgenommen um eine bestimmte Grösse zurück, obgleich der Manometerdruck an beiden Instrumenten mit derselben Sorgfalt bestimmt wurde. Da Beobachtungsfehler als Ursache dieser Differenz ausgeschlossen sind, so liegt diese Differenz wohl in der Verschiedenartigkeit der Manometer. Es lässt sich recht gut denken, dass die Grösse des Luft-
raumes zwischen Manometerrohr und Sperrflüssigkeit des Manometers einen, wenn auch kleinen Einfluss auf die durch das Ansaugen des Luftstromes bewirkte Luftverdünnung haben kann. Je grösser dieser Luftraum ist, desto grösser scheint dann diese Abweichung zu sein. Bis auf diese für dieselbe Luftgeschwindigkeit konstante Differenz stimmen die mit dem Hebermanometer und die mit dem Gefässmanometer abgenommenen Drücke gegen-
seitig überein.

Da die Hebermanometer als die zuverlässigeren Manometer gelten, so sollen die am Gefässmanometer abgelesenen Drücke für sich bestehen bleiben. Für die am Hebermanometer mit dem geraden Manometeranschluss-
rohr (a) abgenommenen Manometerpressungen ergibt sich aus der Spalte 4, Tabelle 17, dass die Manometerpression im Mittel um die 1,72fache Geschwindigkeitshöhe kleiner und die Manometerdepression im Mittel um die 3,14fache Geschwindigkeitshöhe grösser ist als der Widerstands-
druck. Aus diesen beiden Werthen und den aus Spalte 4, Tabelle 16 festgestellten Zahlen berechnet sich
die Widerstandspression

$$h = h_{pm} + \frac{1,61 + 1,72}{2} \frac{v^2}{2g} = h_{pm} + 1,66 \frac{v^2}{2g} \quad (43)$$

die totale Pressung

$$h_{pt} = h_{pm} + 2,66 \frac{v^2}{2g} \quad (44)$$

die aerodynamische Pressung

$$h_{pa} = h_{pm} + 1,66 \frac{v^2}{2g} \quad . \quad . \quad . \quad (45)$$

die Widerstandsdepression

$$h = h_{dm} - \frac{3,06 + 3,14}{2} \frac{v^2}{2g} = h_{dm} + 3,1 \frac{v^2}{2g} \quad (46)$$

die totale Depression

$$h_{dt} = h_{dm} - 2,1 \frac{v^2}{2g} \quad . \quad . \quad . \quad (47)$$

die aerodynamische Depression

$$h_{da} = h_{dm} - 2,1 \frac{v^2}{2g} \quad . \quad . \quad . \quad (48)$$

Es ist nunmehr, nachdem ein Versuchsweg zur Feststellung der Beziehung zwischen Manometer- und Widerstandsdruck gefunden ist, ein Leichtes, die in vorstehenden Gleichungen eingeführten Verhältnisszahlen von neuem zu prüfen. Dass die Saugwirkung an der Manometerrohröffnung kleiner ist, wenn der Luftstrom aus der Lutte ausbläst, als wenn er in die Lutte angesaugt wird, ist in diesen Versuchsergebnissen eine bemerkenswerthe, bis jetzt wohl unbekannt gewesene Erscheinung, die bei weiteren Versuchen über die Beziehungen des Manometerdruckes zum Widerstands- und totalen Drucke ins Auge gefasst zu werden verdient. Diese Verschiedenheit der saugenden Wirkung des Luftstromes auf das Manometerrohr eliminirt sich in den Berechnungsformeln für die totale Pressung und totale Depression.

Der in den Spalten 11—14, Tabelle 16 aufgeführte Widerstandsdruck ist zwar durch Subtraktion der in den Spalten 4—6 aufgeführten Manometerdrücke von den in den Spalten 1—3 eingetragenen berechnet, aber er giebt auch gleichzeitig die sich nach den Gleichungen (43) und (46) berechnenden Widerstandspressungen und Widerstandsdepressionen an. Sowohl die in den Spalten 11—14 enthaltenen Widerstandspressungen als die Widerstandsdepressionen, welche aus Manometerdrücken hervorgegangen sind, die mittelst drei ganz verschiedenartigen Manometerrohren bestimmt wurden, stimmen für den, der die Schwierigkeit der Erreichung genauer Manometerdruckablesungen kennt, geradezu überraschend unter sich überein. Eine Verschiedenheit besteht nur zwischen der Widerstandspressung und der Widerstandsdepression, obgleich beide Grössen genau gleich sein sollten. Jene ist nach Spalte 14 immer grösser als diese, und zwar um so grösser, je grösser die dazu gehörige Luftgeschwindigkeit ist. Diese Verschiedenheiten sind zu regelmässige, als dass sie auf Beobachtungsfehlern beruhen könnten; sie lassen sich wohl kaum anders als durch eine Druckanomalie erklären, wie wir eine solche zwischen der blasenden und der saugenden Wirkung des Capell- und des Root-Ventilators kennen lernten. — Die Richtigkeit der theoretischen Annahme, dass die aerodynamische Depression um die einfache Geschwindigkeitshöhe von der aerodynamischen Pressung abweiche, geht aus Spalte 15, Tabelle 16 und Spalte 3, Tabelle 17 hervor. Unter Berücksichtigung, dass die Ansaugung im Manometerrohre durch den aus der Lutte ausgeblasenen Luftstrom im

Beobachtungspunkte I $1,66 \frac{v^2}{2g}$ und durch den angesaugten Luftstrom $2,06 \frac{v^2}{2g}$ beträgt, sind die unter fortlaufender Nummer 5—8, Tabelle 17 aufgeführten Manometerdepressionen um die einfache Geschwindigkeitshöhe grösser als die unter fortlaufender Nummer 1—4 eingetragenen Manometerpressungen. Um diese Differenz muss die aerodynamische Depression grösser sein als die aerodynamische Pressung, und da diese hier gleich Null ist, ist jene gleich der einfachen Geschwindigkeitshöhe, also auch gleich der totalen Depression, die im Beobachtungspunkte I diesen Werth hat. Da während der Versuche der Druck der Pressluft immer genau 4 Atmosphären betrug, so musste auch für jeden der acht Versuche gleiches Quantum komprimierte Luft einströmen, der totale Druck sowohl für Ansaugung als Ausblasung derselbe, und zwar im Beobachtungspunkte I gleichwerthig mit der einfachen Geschwindigkeitshöhe sein. In den übrigen Punkten ist er stets gleich der Summe aus Widerstandsdruck plus Geschwindigkeitshöhe.

Vorstehende Feststellung des Manometerdruckes hat jedenfalls nicht allein für die Druckbestimmung von Ventilationen, sondern auch für die Druckbestimmung von bewegten Wasser- und Gasströmen Wichtigkeit. Durch Piézometer misst man die Druckverluste, die das Wasser in Röhrenleitungen durch Verengungen, Reibungen u. s. w. erleidet. Ist v die Geschwindigkeit des Wassers an der Stelle, wo das Piézometer einmündet, h die Druckhöhe oder die Tiefe des Mündungspunktes des Piézometers unter dem Wasserspiegel, x die Widerstände und Druckverluste, so berechnet man Piézometerdruck

$$z = h - x \frac{v^2}{2g}.$$

Gewöhnlich berechnet man aber umgekehrt aus dem Piézometerdruck nach dieser Formel die Widerstände und die Ausflussgeschwindigkeit des Wassers. Ist aber der Piézometerdruck nicht gleichwerthig mit dem aerodynamischen Drucke des Wassers in der Röhre, indem die saugende Wirkung des Wasserstromes an der Piézometerrohrmündung in dieser Berechnung nicht berücksichtigt ist, so können auch die daraus berechneten Grössen nicht richtig sein. Auch für Druckmessungen in Röhren, wo Leuchtgas zirkulirt, werden vorstehende Versuchsergebnisse zu berücksichtigen sein. Die Erkenntniss der Saugwirkung eines Luftstromes an Wandöffnungen hilft jedenfalls auch die Theorie der Wirkungsweise der Saugstrahlapparate u. s. w. fördern.

2) Welchen Einfluss hat die Form und Stellung des im Kanale mündenden Manometeranschlussrohres auf die Grösse des Manometerdruckes?

Auf die Beantwortung dieser Frage ist in den soeben besprochenen Manometerdruckabnahmen bereits insofern Rücksicht genommen, als dieselben nicht bloß unter Anwendung eines geraden in Spalte 1 und 4 der Tabelle 16 und Fig. 3, Taf. I, näher angegebenen Rohres, sondern auch unter Benutzung eines gekröpften Rohres erfolgten; dieses gekröpfte Rohr, dessen Form und Grösse aus Fig. 4, Taf. I, zu ersehen ist, wurde mit seinem umgebogenen.

im Kanale mündenden Ende sowohl in parallele, als in rechtwinkelige Stellung zur Richtung des Wetterstromes gebracht; in seiner parallelen Stellung wurde seine Mündung der Richtung des Stromes nicht allein entgegen, sondern auch abwärts gerichtet und für jede dieser Stellungen der Manometerdruck abgenommen. Von den Resultaten dieser Druckabnahmen, die in den Spalten 1—6 der Tabelle 16 aufgeführt sind, wollen wir nur die im Beobachtungspunkte I am Ende A des Lutenstranges gemessenen, in den Spalten 4—6, Tabelle 16 aufgeführten Manometerdrücke besprechen; diese Manometerdrücke sind in nebenstehender Tabelle ausser in Millimetern auch als Vielfaches der Geschwindigkeitshöhe, unter welcher sie abgenommen wurden, aufgeführt, um sie mit den in Spalte 1^a und 1^b dieser Tabelle aufgeführten Druckhöhen der Wettergeschwindigkeiten, welche für diesen speziellen Fall den totalen Druckhöhen entsprechen, vergleichen zu können.

Zur Einfachheit in der Bezeichnung soll das zylindrische Anschlussrohr mit (a), und das gekröpfte Rohr, je nachdem es in den aus den Spalten 2—3^a oder 4—6 der Tabelle 16 ersichtlichen Stellungen zum Wetterstrome verwendet wurde, mit (b), (c) und (d) bezeichnet werden.

Im Allgemeinen geht aus diesen Pressungs- und Depressionsabnahmen hervor, dass, je nachdem das Manometerrohr in seiner Form verschieden ist und je nach der Art, wie die bewegte Kanalluft auf sein im Kanale mündendes Querschnittsende auftritt, sich der Manometerdruck nicht gleich gross, sondern verschieden ergibt. Sowohl der verdichtete als der verdünnte Luftstrom kann auf die Flüssigkeit des Manometers, je nachdem dieses oder jenes Manometerrohr benutzt wird, ein Einblasen oder ein Ansaugen der Luft erzeugen.

Für die Berechnung der totalen Pressung und Depression aus dem Manometerdruck, der sich durch die gerade Manometeranschlussröhre (a) ergibt, wurden bereits die Gleichungen (44) und (47) aufgestellt.

In der rechtwinkelig gekrümmten, mit seiner Mündung dem Wetterstrome entgegengerichteten Röhre wirkt die Luft nicht allein mit der ihrer Dichtigkeit zukommenden Spannung, sondern stösst auch noch mit der ihrer Geschwindigkeit entsprechenden lebendigen Kraft gegen den Querschnitt dieser Röhre in ähnlicher Weise, wie das Wasser gegen das eingetauchte offene Ende einer Pitot'schen Röhre wirkt, wenn diese mit der Oeffnung ihres gekrümmten, ins Wasser eingetauchten Endes gegen den Strom gerichtet wird. Diese Wirkung der lebendigen Kraft des Luftstromes findet statt sowohl wenn Respiration, als wenn Expiration im Kanale herrscht. Da bei Expiration im Kanale der Barometerdruck der äusseren Luft grösser ist, als der Kanaldruck, so bringt die durch die Geschwindigkeit des Wetterstromes erzeugte innere Spannung eine entgegengesetzte Wirkung auf die Manometerflüssigkeit hervor, als wenn im Kanale Respiration stattfindet. Während die Manometerpressung unter Anwendung der geraden Röhre (a) sich durch den Luftstrom vermindert und unter Anwendung der gekröpften Röhre vergrössert, ist dieses Verhältniss für die Manometerdepression ein umgekehrtes.

Aus dem in Spalte 10 der Tabelle 18 und in Spalte 6, Tabelle 17 aufgeführten Manometerdruck, der mit der

Tabelle 18.

Fortlaufende Nummer	Die Luft wird im Messungspunkte I des Lutenstranges				Manometerpression h_{pm} , mit der Manometerröhre (a) bestimmt, $\uparrow$ (a) $\rightarrow$	Manometerpression, mit der Manometerröhre (a) bestimmt, $\uparrow$ (a) $\rightarrow$	Manometerpression, mit der Manometerröhre (b) bestimmt, $\uparrow$ (b) $\rightarrow$	Manometerpression, mit der Manometerröhre (c) bestimmt, $\uparrow$ (c) $\rightarrow$	Manometerdepression, mit der Manometerröhre (c) bestimmt, $\uparrow$ (c) $\rightarrow$
	ausgeblasen.	an-gesaugt.	Mittlere Geschwindigkeit in Metern	Geschwindigkeitshöhe in Millimetern					
1	3,6	0,79	3,4	0,70	— 1,2	— 1,51	— 1,51	— 1,51	— 1,51
2	4,4	1,18	4,1	1,03	— 1,9	— 1,61	— 1,61	— 1,61	— 1,61
3	5,1	1,59	4,8	1,40	— 2,6	— 1,63	— 1,63	— 1,63	— 1,63
4	5,5	1,85	5,1	1,59	— 3,1	— 1,68	— 1,68	— 1,68	— 1,68
					7	8	9	10	11
					— 2,2	— 3,14	— 3,14	— 3,14	— 3,14
					— 3,2	— 3,10	— 3,10	— 3,10	— 3,10
					— 4,2	— 2,98	— 2,98	— 2,98	— 2,98
					— 4,8	— 3,02	— 3,02	— 3,02	— 3,02
					— 1,4	— 1,77	— 1,77	— 1,77	— 1,77
					— 2,2	— 1,86	— 1,86	— 1,86	— 1,86
					— 3,1	— 1,95	— 1,95	— 1,95	— 1,95
					— 3,4	— 1,84	— 1,84	— 1,84	— 1,84
					— 0,0	— 0,00	— 0,00	— 0,00	— 0,00
					— 0,0	— 0,00	— 0,00	— 0,00	— 0,00
					— 0,3	— 0,38	— 0,38	— 0,38	— 0,38
					— 0,4	— 0,34	— 0,34	— 0,34	— 0,34
					— 0,4	— 0,25	— 0,25	— 0,25	— 0,25
					— 0,5	— 0,27	— 0,27	— 0,27	— 0,27
					— 1,4	— 2,00	— 2,00	— 2,00	— 2,00
					— 2,3	— 2,23	— 2,23	— 2,23	— 2,23
					— 3,1	— 2,19	— 2,19	— 2,19	— 2,19
					— 3,5	— 2,20	— 2,20	— 2,20	— 2,20
					15	16	17	18	19
					— 1,4	— 2,00	— 2,00	— 2,00	— 2,00
					— 2,3	— 2,23	— 2,23	— 2,23	— 2,23
					— 3,1	— 2,19	— 2,19	— 2,19	— 2,19
					— 3,5	— 2,20	— 2,20	— 2,20	— 2,20

gekröpften Anschlussröhre in der Stellung (b) abgenommen wurde, und der Geschwindigkeitshöhe berechnet sich

die Widerstandspressung

$$h = h_{pm} - \frac{1,85 + 1,73}{2} \frac{v^2}{2g} = h_{pm} - 1,79 \frac{v^2}{2g} \quad (49)$$

die totale Pressung

$$h_{pt} = h_{pm} - 0,79 \frac{v^2}{2g} \quad (50)$$

die aerodynamische Pressung

$$h_{pa} = h_{pm} - 1,79 \frac{v^2}{2g} \quad (51)$$

die Widerstandsdepression

$$h = h_{dm} \quad (52)$$

die totale Depression

$$h_{dt} = h_{dm} + \frac{v^2}{2g} \quad (53)$$

die aerodynamische Depression

$$h_{da} = h_{dm} + \frac{v^2}{2g} \quad (54)$$

Danach giebt das gekrümmte Manometerrohr, wenn es mit seiner Oeffnung dem Wetterstrome entgegensteht, die Widerstandsdepression unmittelbar, aber die Widerstandspressung um die 1,79fache Geschwindigkeitshöhe zu gross an. Da die Widerstandsdepression im Beobachtungspunkte I (siehe Tabelle 18) vom Manometer richtig, nämlich zu Null angezeigt wird, so muss das Manometer mit diesem Anschlussrohre die Widerstandsdepression auch im Beobachtungspunkte II richtig angeben, und dies ist denn auch wirklich der Fall. Es besteht eine ganz vorzügliche Uebereinstimmung zwischen der auf diese Weise im Beobachtungspunkte II direkt bestimmten Manometerdepression und der für diesen Beobachtungspunkt berechneten Widerstandsdepression. Sämmtliche in Spalte 2, Tabelle 16 aufgeführten Manometerdepressionen stimmen mit den berechneten, in den Spalten 11—14, Tabelle 16 enthaltenen Widerstandsdepressionen genau überein. — Dreht man die gekröpfte Röhre aus ihrer Stellung (b) um 180°, so dass ihre Mündung im Kanale vom Luftstrome nicht mehr getroffen wird, so erzeugt dieser ein Saugen in dieser Röhre. Der Wetterstrom wirkt blasend, wenn das gekrümmte Manometerrohr mit seiner Mündung dem Wetterstrome entgegensteht, saugend, wenn seine Mündung dem Strome abwärts gerichtet ist. Aus dem in Spalte 14 der Tabelle 18 und in Spalte 8 der Tabelle 17 aufgeführten Manometerdruck, der mit gekröpfter Anschlussröhre in der Stellung (c) abgenommen wurde, und der Geschwindigkeitshöhe berechnet sich

die Widerstandspressung

$$h = h_{pm} + \frac{0,31 + 0,58}{2} \frac{v^2}{2g} = h_{pm} + 0,45 \frac{v^2}{2g} \quad (55)$$

die totale Pressung

$$h_{pt} = h_{pm} + 1,45 \frac{v^2}{2g} \quad (56)$$

die aerodynamische Pressung

$$h_{pa} = h_{pm} + 0,45 \frac{v^2}{2g} \quad (57)$$

die Widerstandsdepression

$$h = h_{dm} - \frac{2,16 + 2,19}{2} \frac{v^2}{2g} = h_{dm} - 2,18 \frac{v^2}{2g} \quad (58)$$

die totale Depression

$$h_{dt} = h_{dm} - 1,18 \frac{v^2}{2g} \quad (59)$$

die aerodynamische Depression

$$h_{da} = h_{dm} - 1,18 \frac{v^2}{2g} \quad (60)$$

Da die Manometerpressung unter Anwendung eines gekröpften Manometerrohres, gleichviel ob dessen Mündung im Wetterkanale dem Strome entgegen oder parallel gerichtet ist, sich grösser ergibt, als wenn sie unter Anwendung einer geraden Manometerrohre abgenommen wird, so hat es viel Wahrscheinlichkeit, dass der Luftstrom auf die gekröpfte Manometerrohre unter einer bestimmten Stellung gegen denselben eine Wirkung auf die Manometerflüssigkeit ausübt, wie auf das gerade Manometerrohr (a). Diese Stellung ist die rechtwinkelige Stellung ihres gekröpften Endes zur Wetterstromrichtung, wie aus der Vergleichung der Spalte 1 und 3^a der Tabelle 16 aufgeführten Manometerpressungen hervorgeht. Denn es sind die in Spalte 1 aufgeführten Manometerpressungen und Manometerdepressionen, die mit geradem Manometeranschlussrohre abgenommen wurden, nahezu gleich gross mit den in Spalte 3^a aufgeführten Manometerdrücken, welche mit einem gekröpften, rechtwinkelig zur Wetterstromrichtung gerichteten Manometeranschlussrohre bestimmt sind.

Im Allgemeinen ergibt sich aus vorstehenden Druckbestimmungen, dass der Manometerdruck von der Lage der Mündung der Manometeranschlussröhre gegen die Luftstromrichtung abhängt; es ist deshalb bei solchen Abnahmen die Anschlussröhre in eine der vier besprochenen Lagen zu bringen, für welche wir die Manometerdruckabweichung gegen den totalen Druck kennen. Für jede schiefe, nicht parallele oder rechtwinkelige Lage der Endfläche der das Innere des Kanals mit dem Manometer in Verbindung setzenden Röhre haben die obigen, aus den Beobachtungsergebnissen abgeleiteten Gleichungen keine Geltung.

Ausser vorstehenden Versuchen mit geradem und gekröpftem Manometerrohre wurde der Manometerdruck noch mit einem zweimal, einem dreimal rechtwinkelig gekrümmten, einem halbkreisförmig gebogenen und dem geraden, aber mit Watte verstopften Rohre beobachtet. Die Beobachtungen erfolgten aber nur einmalig, nur für eine Luftgeschwindigkeit und nur für blasenden Luftstrom. Die so abgenommenen Manometerdrücke sind genaue Beobachtungswerte; als minder zuverlässig können die gemessenen Geschwindigkeiten gelten, da die Versuche während des Betriebes stattfanden, wo der Druck der Pressluft nicht immer konstant bleibt. Immerhin geben diese Versuchsergebnisse, die nachstehende Tabelle 19 enthält, ein Bild von der saugenden oder stossenden Wirkung des Luftstromes auf die Oeffnungen der angegebenen Röhren.

Tabelle 19.

Manometerdruckabnahmen am Ende der Lutte unter Verwendung verschiedenartig geformter Manometeranschlussröhren.

Nummer des Versuchs	Geschwin- digkeit des Luftstromes	Geschwin- digkeits- höhe	Beobachteter Manometerdruck mit einer				
			zweimal rechtwinkelig gekrümmten Röhre	dreimal rechtwinkelig ge- krümmten Röhre, deren Mündung dem Luftstrome		halbkreis- förmig gebogenen Röhre	geraden, mit Watte verstopften Röhre
				entgegen gerichtet ist	abwärts gerichtet ist		
	m	mm	mm	mm	mm	mm	mm
	5.20	1,65	— 2,7	+ 1,7	— 1,8	— 2,3	— 2,3

Die Britische Ventilatorkommission hat nach Seite 179 des 1884er Jahrganges der preussischen Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen zur Abnahme der Depression ein rechtwinkelig zur Stromrichtung gestelltes Manometerrohr mit gerader und rechtwinkelig abgeschnittener Mündung benutzt und hat, um die in dem Strome herrschende Depression richtig zu messen, auf das Ende dieses Rohres noch ein vorn zugestopft kurzes Filzrohr aufgesteckt. Bei letzterem Verfahren hat sich jedoch nach den Untersuchungen der Preussischen Ventilator-Unterkommission herausgestellt, dass dichter Filz die Schwankungen in der Spannung des Wetterstromes, besonders bei geringer Depression, zu langsam durchlässt und die Schärfe der Beobachtungen durch das Manometer sehr beeinträchtigt; aus feinem Messingdrahtgewebe zusammengerollte Stulpen sollen die Einwirkungen des Luftstromes auf schräg stehende Mündungen sicherer fernhalten und deshalb jenem Filzrohre vorzuziehen sein. Ob und inwieweit durch solche Verstopfungen sich die saugende Wirkung des Luftstromes an der Oeffnung des geraden Manometerrohres ganz verhindern lässt, ist nicht recht klar. Eine solche Verhinderung hinge nicht allein von der Art des Ausstopfungsmaterials, sondern besonders auch von dem Grade ab, bis zu welchem dasselbe zusammengepresst wird. Bei einer Zusammenpressung desselben bis zu einem gewissen Grade wird das genannte Ansaugen der Luft gar keinen Einfluss erfahren; dann wird bei höheren Graden eine nur theilweise Beeinflussung dieser Saugwirkung stattfinden, endlich bei noch höherem Grade diese Ansaugung aufgehoben werden. Solchen Zusammenrückungen des Ausfüllungsmaterials bringen aber auch schon die Gefahr mit sich, dass die richtige Angabe des Widerstandsdruckes darunter leiden könnte. — Nachdem wir nun das Gesetz der Saug- und Stosswirkung des Luftstromes an der Manometerrohröffnung kennen, die Grösse des Manometerdruckes gegen den Widerstandsdruck zu bestimmen vermögen, müssen bei Feststellung des Widerstands- und effektiven Druckes solche zweifelhafte Mittel, wie diese Rohrverstopfung eines ist, wegfallen. Es ist zwar nunmehr, nachdem wir auf andere Weise bestimmen können, wie gross der Manometerdruck an einer Messstelle sein muss, wenigstens die Möglichkeit gegeben, eine solche Verstopfung durch Versuche genau auszuprobieren; aber man hätte dann immer erst nur für eine kurze Zeit eine Sicherheit für die richtige Abnahme des Druckes, weil die Gefahr nahe liegt dass durch die Feuchtigkeit

und den Staub der Grubenluft sich bald der Zustand der Verstopfung verändert.

Die Kenntniss der Verschiedenheit des Druckes, den ein Manometer unter Benutzung verschiedenartig geformter Manometeranschlussröhren anzeigt, ist für die sich zu Ventilatoruntersuchungen nöthig machenden Depressionsmessungen voranzusetzen. Es sind dazu nur solche Manometeranschlussröhren zu verwenden, von denen bekannt ist, welchen Druck ein daran angebrachtes Manometer angiebt. Bei Benutzung von Depressionsresultaten ist unbedingt auf die Art ihrer Bestimmung Rücksicht zu nehmen. Wenn man die bekannten Ventilatorversuchsresultate von Rittinger, welche noch heute Werth haben, benutzen will, so ist zu berücksichtigen, wie diese Resultate bestimmt wurden. Rittinger nimmt Seite 45 seines Werkes an, dass die aerostatische Druckhöhe ein in der Wand der Röhrenleitung senkrecht auf die Richtung des Windstromes eingestecktes Manometerrohr angebe, und Seite 46, dass man die effektive oder totale Druckhöhe unmittelbar erheben könne, wenn man den einen Schenkel des Manometers in der Art krümme und in die Windleitung einführe, dass er dem Windstrome gerade entgegensehe. Auf Seite 202—206 seines Werkes sind acht Versuchsreihen über die von zwei saugenden Ventilatoren gelieferten Luftmengen aufgeführt. Diese Luftmengen bestimmte Rittinger einmal durch Abnahme der Depression in dem zylindrischen Theile des an Stelle der Grube dem Ventilator angeschlossenen hölzernen Schlauches mittelst eines geraden Manometerrohres mit rechtwinkelig zur Stromrichtung stehender Endfläche und der Gesamtquerschnittsfläche von den im Schlauchboden für den Versuch geöffneten Löchern; zweitens aus dem Beobachtungsquerschnitte im konischen, sich am Ventilator anschliessenden Theile des Schlauches mal der Geschwindigkeitshöhe, die sich in diesem Querschnitte ergeben soll aus der Differenz der Abnahme des Manometerdruckes einmal mit einem gekröpften Manometeranschlussrohr, dessen Endfläche dem Strome zu gerichtet ist, und zweitens mit einem geraden Manometeranschlussrohre. Diese beiden auf verschiedenem Wege bestimmten Luftmengen sollen nach Rittinger theoretisch gleich gross sein; nach unseren Versuchsresultaten können sie aber nicht übereinstimmen, sondern es muss sich durch eine solche Bestimmungsweise die im konischen Theile des Schlauches gemessene Luftmenge grösser als die im cylindrischen Theile desselben ergeben, weil die Differenz zwischen den mit gerader und

gekröpfter Manometeranschlussröhre abgenommenen Depressionen nicht die einfache, sondern eine grössere Geschwindigkeit der Luft im Beobachtungsquerschnitte des konischen Theiles des Schlauches angiebt.

Die Ursache zu der annähernden Uebereinstimmung beider Luftmengen liegt jedenfalls in der geringen Wettergeschwindigkeit, bei der die Versuche ausgeführt wurden. Soweit aber diese Luftmengen von einander abweichen, ist diejenige immer am grössten, die sich aus der Differenz der Depressionen berechnet, welche im konischen Schlauchtheile mit geradem und mit gekröpftem Rohre abgenommen wurden, was mit vorstehenden Untersuchungen über Depressionsabnahmen übereinstimmt. Auch die auffälligen Unterschiede, die sich aus den in Tabelle D auf Seite 244 und 245 des Rittinger'schen Werkes von einem Hochdruckventilator für grosse Umfangsgeschwindigkeiten an verschiedenen Punkten des Ventilators und des Schlauches unter Anwendung sowohl eines geraden, als auch eines gekröpften Manometeranschlussrohres abgenommenen Pressungen ergeben, lassen sich mit Hülfe der vorstehenden Depressionsbestimmungen genügend erklären.

Am Schlusse dieser Druckbestimmungen sei noch darauf hingewiesen, dass der Wetterdruck im Kanale auch barometrisch festgestellt werden kann, wie vom Verfasser bereits im Jahrbuche für das Berg- und Hüttenwesen im Königreich Sachsen, Jahrgang 1882, Bl. 56 und 57 angegeben wurde.

3) Manometer, Ort der Abnahme und Bestimmung des mittleren Manometerdruckes.

Als Manometer können, ähnlich den Barometern, entweder Heber- oder Gefässmanometer verwendet werden. Die zum Messen der Wetterdepression benutzten Hebermanometer bestehen aus einer mit gefärbter Flüssigkeit gefüllten heberförmig gebogenen Glasröhre, an der sich dahinter oder daneben eine Millimeterskala anschliesst. Die seltener verwendeten Gefässmanometer setzen sich zusammen aus einem mit Flüssigkeit gefüllten Gefässe, auf dessen Oberseite und an einer seiner Seitenflächen je ein Rohrstutzen angebracht ist; dieser dient zur Aufnahme der Manometerglasröhre, die nicht kalibriert zu sein braucht, aber, um den Einfluss der Kohäsion möglichst zu beseitigen, nicht zu kleine lichte Weite erhalten darf; an jenem Stutzen dagegen wird das Kautschukrohr befestigt, das die Verbindung mit dem Wetterkanale herstellt, in dem das andere Ende dieses Verbindungsrohres sich an einer von der Tagesoberfläche nach dem Kanalaräume führenden Eisenröhre anschliesst. Die Glasröhre kann auch eine geneigte Lage erhalten, wodurch der Abstand der Theilstriche der Manometerskala sich vergrössert.

Mit solchen Gefässmanometern, sowie mit den gewöhnlichen Hebermanometern wird die Depression bis Millimeter abgelesen und bis Zehntel-Millimeter abgeschätzt. Eine Hauptschwierigkeit für das genaue Ablesen liegt in der Fixirung des Flüssigkeitsspiegels. Soll nämlich die Ablesung genau erfolgen, so muss der Augenstrahl des Beobachters sich bei jeder Einstellung und Ablesung genau in der Horizontalebene des Flüssigkeitsspiegels befinden. Hat das beobachtende Auge eine andere Lage, ist sein Standpunkt nicht gerade in dieser Höhe, sondern darunter oder darüber, so wird die Höhe

um etwas zu gross oder zu klein bestimmt. Wenn die Theilung auf dem Manometerrohre selbst eingezätzt ist, fällt dieser Beobachtungsfehler am kleinsten aus, aber ganz beseitigt ist er dadurch noch nicht. Wenn an den Hebermanometern die Depression an einem Rohrschenkel abgelesen und dann mit zwei multipliziert wird, so verdoppelt sich dieser Beobachtungsfehler. Erschwert wird die Ablesung noch durch den Meniskus, den die Flüssigkeit infolge ihrer Adhäsion an den Wänden des engen Manometerglases bildet. Ausserdem hat der Ventilator, besonders wenn er seinen Betriebsdampf mit den Fördermaschinen aus denselben Kesseln erhält, einen doch nicht ganz gleichförmigen Gang. Es gehört aber nur eine ganz geringe Abweichung von der vorgeschriebenen Umfangsgeschwindigkeit dazu, um die Depression auf Bruchtheile eines Millimeters Wassersäule zu beeinflussen.

Um die Manometerdepression bis auf Zehntel-, ja bis auf Hundertstel-Millimeter genau ablesen zu können, sind verschiedene Mittel, als der Nonius, das Fernrohr, das Mikroskop angewendet worden; auch hat man sich hierzu der Wägungsmethode bedient. Eine werthvolle Uebersicht über alle diese Messmethoden giebt Althans in der Preussischen Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen, Jahrg. 1884, Bl. 209 ff., worauf hiermit verwiesen wird. Die Genauigkeit der durch solche künstliche Ablesung bis Hundertstel-Millimeter bestimmten Depressionen gegenüber den an einem Manometer mit blossen Auge abgelesenen Depressionen wird indessen leicht überschätzt. Schon das nicht ganz zu beseitigende Schwanken der Flüssigkeit und ihr Anhaften an den Glaswänden des Manometerrohres macht wohl den Werth der künstlichen Ablesung bis Hundertstel-Millimeter illusorisch; diese Genauigkeit verliert aber besonders dadurch an Werth, dass die Messstelle für die Depression zu wünschen übrig lässt. Soll die Manometerdepression die Grubenwiderstandsdepression genau angeben, so muss sie an der Stelle beobachtet werden, wo die ganze Grubenwiderstandsdepression herrscht; diese Stelle ist jedenfalls da, wo die Depression am grössten ist. Die mit dem Grubenwiderstande gleichwerthige Depression ist am Eintritte der freien Atmosphäre in den Wettereinzugsschacht gleich Null; sie wächst von da bis ans Ende der Grube, das ist bis zum Einlauf in den Ventilator. Die Widerstände, die die Luft bis hierher zu überwinden hat, bilden die Summe aller der Luft auf ihren Wegen durch die Grubenbaue entgegenstehenden Reibungs- und Beharungswiderstände. Da ferner im Ventilator von seinem Einlaufe an bis zu seinem Umfange die Depression sich wieder bis auf Null vermindert, wie aus den vom Verfasser im 1882er Jahrbuche für das Berg- und Hüttenwesen im Königreich Sachsen, Seite 48 veröffentlichten Pressungsabnahmen im Gehäuse eines saugenden Guibal-Ventilators hervorgeht, so muss im Einlauf die Depression am grössten sein. Ebenso wird die grösste Pressung am Ende des Ventilatorgehäuses, wo der Kanal anfängt, liegen, indem von da an nach vorwärts in die Grube die von der bewegten Luft zu überwindenden Widerstände immer kleiner werden, die Pressung stetig abnimmt und andererseits die Pressung von der Ausblaseöffnung nach rückwärts im Gehäuse des Ventilators bis zu seiner Einblaseöffnung wieder bis Null abnehmen muss.

Um das Verhalten der Depressionen und Geschwindigkeiten der Luft in den einzelnen Punkten des Wetterkanales kennen zu lernen und um gleichzeitig die Annahme, dass die Stelle der grössten Depression im Saugringe des Ventilators stattfindet, wo die saugende Wirkung des Ventilators in eine blasende übergeht, zu bestätigen, wurden beim Königlichen Steinkohlenwerke in dem gegen 3^m unter der Terrainoberfläche gelegenen, den Carola-Wetterschacht mit dem Saugraume des 12^m seitlich von diesem aufgestellten, saugend wirkenden Guibal-Ventilators verbindenden Wetterkanale, dessen Grösse und Lage zum Wetterschachte und Ventilator aus Fig. 1 und 1^a, Taf. I, ersichtlich ist, an verschiedenen Stellen Depressionsbeobachtungen ausgeführt. (Eine genaue Bestimmung der Depressionen in den verschiedensten Punkten nur eines Querschnittes dieses Kanales findet man auf Seite 55 des 1882er Jahrbuches für das Berg- und Hüttenwesen im Königreich Sachsen.) Dabei wurde nicht jede Stelle des Kanales, wo die Depression gemessen werden sollte, mit der Terrainoberfläche mittelst Röhren verbunden, sondern es wurden nur an zwei Punkten *A* und *B* der Terrainoberfläche (Fig. 1 und 1^a, Taf. I) Löcher nach dem Kanale gebohrt und in diese je eine Eisenröhre von 2,5^{cm} lichter Weite bis etwa 0,1^m unterhalb des Kanalscheitels eingeführt. Mit Hülfe dieser beiden im Kanale mündenden Manometeranschlussröhren *A* und *B* erfolgten über Tage die Abnahmen der Depressionen im Kanale. Zuerst wurde an dem im Kanale mündenden Ende des Rohres *A*, sodann an dem des Rohres *B* ein Kautschukrohr von 16^{cm} lichter Weite und 5^m Länge befestigt und dieses mit seinem anderen freien Ende in die gewählten Beobachtungspunkte rechtwinkelig zur Wetterstromrichtung gehalten. Während dieses Einhaltens des freien Kautschukrohrendes in die Stationspunkte beobachtete über Tage eine zweite Person an dem mittelst eines zweiten kurzen Kautschukschlauches zuerst mit dem Kanalrohre (*A*) und dann mit dem Rohre (*B*) verbundenen Manometer die den einzelnen Beobachtungspunkten im Kanale entsprechenden Depressionen. Diese Abnahmen erfolgten in zwei Querschnitten des Kanales in neun Punkten, über

dem Schachte in drei und im Saugraume des Ventilators in vier Punkten. Ausserdem wurden die Depressionen noch direkt im Saughalse des Ventilators in fünf Punkten beobachtet, indem das 5^m lange Kautschukrohr (in Fig. 1^a, Taf. I, mit *C* bezeichnet) durch die Eingangsthüre zum Ventilatorsaugraume geführt wurde. Die Lage dieser Beobachtungspunkte ist in den Fig. 1 und 1^a, Taf. I, mit schwarzen Kreuzchen bezeichnet, die durch die daneben stehenden schwarzen Zahlen numerirt sind. Ausser den mit demselben Manometeranschlussrohre bestimmten Depressionen wurden die Wettergeschwindigkeiten für 40 Spiele in den Beobachtungspunkten 1—16 und für 60 Spiele in den Beobachtungspunkten 9—12 bestimmt, wovon jedoch die im Saugraume (Beobachtungspunkt 13—16) gemessenen Geschwindigkeiten nur Annäherungswerthe sind. Im Saugraume und Saugringe ist ein genaues Messen der Geschwindigkeiten nicht so ohne Weiteres möglich, weil, wie unter B) dieses Abschnittes hervorgeht, das Anemometer, wenn es die Geschwindigkeit richtig anzeigen soll, rechtwinkelig zur Wetterstromrichtung stehen muss; hier wäre also erst die Stromrichtung festzulegen, ehe eine genaue Messung erfolgen kann. — Die Messungen wurden an einem Betriebstage und nur einmalig ausgeführt, wodurch allerdings wegen des ungleichen Dampfverbrauches der Fördermaschinen, mit denen die Ventilatorbetriebsmaschine aus denselben Kesseln ihren Dampf erhält, die Resultate in ihrer Genauigkeit um Zehntel-Millimeter beeinflusst sein können, obgleich während der Abnahme Jemand die Spielzahlen kontrollirte. Die bei 40 und 60 Touren des Ventilators abgenommenen Depressionen, wovon die bei 60 Touren beobachteten die zuverlässigsten waren, sind in nachstehender Tabelle 20 zusammengestellt.

Die grösste Differenz in den bei 40 Spielen beobachteten Depressionen beträgt 1,4^{mm} und in den bei 60 Spielen beobachteten 1,9^{mm}. Diese Unterschiede sind zwar nicht gross, aber sie lassen sich nicht durch die verschiedenen Wettergeschwindigkeiten in den einzelnen Messpunkten erklären, weil deren Geschwindigkeitshöhen höchstens nur 0,25^{mm} und ihre gegenseitigen Differenzen noch weniger betragen. Die Ursache zu diesen

Tabelle 20.

	Beobachtungsquerschnitt im																				
	Schachte			Kanal durch das Rohr <i>B</i> (I)					Kanal durch das Rohr <i>A</i> (II)					Saugraume				Saughalse			
	in den Beobachtungspunkten																				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	

a) Bei 40 Spielen des Ventilators.

Depression in Millimetern	11,0	11,6	11,9	11,9	11,8	10,9	11,0	11,2	11,4	11,6	10,9	11,3	11,8	11,5	11,2	11,8	11,2	10,5	10,6	10,5	11,8
Geschwindigkeit in Metern	1,1	1,1	1,4	1,1	1,2	1,3	1,3	1,4	1,5	1,2	1,2	1,4	0,5	0,8	0,1	1,3	.	.	.	.	.

b) Bei 60 Spielen des Ventilators.

Depression in Millimetern	27,0	26,9	27,2	27,0	27,2	27,4	27,0	27,3	27,6	27,8	27,0	27,4	27,2	27,5	27,6	27,2	25,9	26,0	26,1	25,9	26,0
Geschwindigkeit in Metern	.	.	.	.	.	.	.	.	2,2	2,1	1,8	2,2	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Depressionsdifferenzen ist sehr schwer mit Bestimmtheit anzugeben; sie kann indessen wohl nur entweder in der verschiedenen Richtung der einzelnen Stromfäden oder im Auftreten von Luftwirbeln an den betreffenden Messstellen, also in unregelmässiger Luftbewegung liegen. Bestätigt wurde das Vorhandensein von Unregelmässigkeiten der Wetterstromrichtung, indem man im Kanale die Bewegung eines an einem Faden gebundenen Papierstreifens beobachtete; derselbe flatterte bald nach dieser, bald nach jener Richtung hin, gerade so, wie sich der Wetterstrom in diesen Richtungen bewegte. Die Stromfäden divergiren besonders in dem Beobachtungsquerschnitte am Einlaufe des Ventilators, und zwar weil hier die Luft am ganzen Umfange des Einlaufes in das Rad einströmt und schon theilweise die Bewegungsrichtung annimmt, die sie beim Eintritt in das Rad erhält. Um an solchen Stellen die Depression genau zu bestimmen, müsste die Mündung des Manometeranschlussrohres gegen jeden der Stromfäden rechtwinkelig oder parallel stehen, wozu zunächst die Lagen der letzteren zu bestimmen wären, woran man aber wegen ihrer Unsichtbarkeit nicht denken kann. Aber selbst angenommen, die Richtung der einzelnen Stromfäden liesse sich hinreichend feststellen, so würde eine solche genaue Bestimmung doch wegen der Schwierigkeit der Stellung der Mündung des Manometerrohres rechtwinkelig oder parallel zu allen diesen verschiedenen Lagen der Stromfäden wohl kaum auszuführen sein. Divergenzen in der Richtung der einzelnen Stromfäden entstehen aus den plötzlichen Richtungs- und Geschwindigkeitsveränderungen, wie sie beim Uebergange der Wetter aus dem Schachte in den Kanal und von da in den Ventilatorraum und in den Ventilator auftreten. Je kürzer der Wetterkanal zwischen dem Wetterschachte und dem Ventilatorraum ist, um desto zahlreicher bilden sich darin Luftwirbel. Die aus dieser unregelmässigen Wetterströmung hervorgehende Verschiedenheit in der Depression tritt besonders bei grösseren Wettergeschwindigkeiten hervor, weil die Druckhöhen der letzteren nicht im einfachen, sondern im quadratischen Verhältnisse anwachsen. Aus diesen Betrachtungen dürfte hervorgehen, dass infolge der Verschiedenheit der Richtung der einzelnen Luftfäden im Messquerschnitte der Ablesung des Druckes bis Hundertstel-Millimeter Wassersäule wohl kaum ein besonders hoher Werth zugesprochen werden kann. Aus diesen Unregelmässigkeiten in den Depressionen folgt, dass es im Allgemeinen nicht genügt, die Depressionen nur an einer Stelle des Messquerschnittes abzunehmen, vielmehr muss sie an möglichst vielen Punkten beobachtet und daraus der arithmetische Mittelwerth als mittlere Depression für den ganzen Beobachtungsquerschnitt bestimmt werden. Solche Depressionsbeobachtungen sind jedoch als fortlaufende, in kurzen Zeiträumen zu wiederholende Messungen, wie sie neuerdings fast alle grösseren Gruben ausführen lassen, zu umständlich und zeitraubend; sie lassen sich aber vereinfachen, indem die genaue Bestimmung der mittleren Depression aus den Depressionen in den einzelnen Punkten des Beobachtungsquerschnittes, wo die grösste Depression stattfindet, nur einmal vorgenommen und mit diesen Abnahmen gleichzeitig die Depression an einer leicht zugänglichen Stelle des Kanals oder selbst des Gehäuses gemessen wird; da diese und

jene mittlere Depression immer in einem bestimmten Verhältnisse zu einander stehen, so giebt der Quotient aus beiden Depressionen den Koeffizienten an, mit dem man letzteren zu multiplizieren hat, um ersteren zu erhalten.

Aus der Tabelle 20 ergeben sich als Depressionsmittelwerthe für die einzelnen Beobachtungsquerschnitte

a) wenn der Ventilator 40 Spiele macht:

für den Schacht	= 11,0 ^{mm} ,
„ „ Kanalquerschnitt I	= 11,5 „
„ „ „ II	= 11,3 „
„ „ Saugraum	= 11,6 „
„ „ Saugring	= 10,9 „

b) wenn der Ventilator 60 Spiele macht:

für den Schacht	= 27,0 ^{mm} ,
„ „ Kanalquerschnitt I	= 27,2 „
„ „ „ II	= 27,2 „
„ „ Saugraum	= 27,4 „
„ „ Saugring	= 26,0 „

Danach nimmt die Depression bis zum Saugraume beständig zu; denn hier beträgt sie bei 60 Spielen 27,4^{mm}, welchen Werth sie in keinem andern Beobachtungsquerschnitte erreicht. Vor dem Saugringe des Ventilators ist sie hingegen nur 26,0^{mm}, also auffälliger Weise kleiner als im Saugraume. Verfasser hatte das Gegentheil davon erwartet.

Aus vorstehenden Betrachtungen geht hervor, dass der Ventilatorsaugraum den Messquerschnitt für die Depression bildet, dass aber an diesem Orte die Depression nur sehr schwer genau bestimmt werden kann. Diese Schwierigkeit ist um so grösser, je weniger sich der Wetterkanal der Einlauföffnung des Ventilators allmähig anschliesst. Ist ein hinreichend grosser, söhliger oder flachfallender Kanal vorhanden, dessen Querschnitt nicht allmähig in den des Ventilatoreinlaufes übergeht, so fragt es sich, ob es dann nicht besser wäre, einen Messquerschnitt in diesem Kanale zu wählen, wo die Wetterströmung eine möglichst regelmässige ist.

Bedeutend grössere Depressionsunregelmässigkeiten als die in Tabelle 20 enthaltenen hat Joh. Mayer in seinem wichtigen Aufsätze über Versuche mit Ventilatoren zu Mährisch-Ostrau¹⁾ uns vorgeführt, worauf hiermit verwiesen sei.

B) Von der Bestimmung der Wettergeschwindigkeit.

1) Unvollkommenheit der Anemometer und deren Justirung.

Das von einer Wetterführung gelieferte Luftquantum ist gleich dem Produkte aus der Geschwindigkeit der Wetter mal dem Streckenquerschnitte, in dem die Geschwindigkeit gemessen wird. Der Streckenquerschnitt lässt sich, wenn er regelmässige Form hat, ebenso genau als leicht messen, wenn er unregelmässige Form hat, zwar etwas schwieriger, aber doch hinreichend genau und sicher bestimmen. Anders verhält es sich mit der Wettergeschwindigkeit; sie wird in Deutschland fast nur mittelst Flügel-

1) Oesterreichische Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen 1882, Seite 242.

anemometers gemessen, die dem zum Wassermessen benutzten Woltmann'schen Flügelrade nachgebildet sind. Man stellt das Anemometer an der Stelle, wo die Geschwindigkeit der Wetter bestimmt werden soll, mit seiner Drehungsachse parallel zur Wetterstromrichtung auf, liest an seinem Zählwerke ab, wieviel es Umdrehungen in der Minute macht und berechnet daraus die Wettergeschwindigkeit. Zu dieser Berechnung ist diesen Instrumenten entweder eine Konstante beigegeben, die zur minutlichen Umdrehungszahl hinzuzuzählen ist, um die entsprechende Wettergeschwindigkeit zu erhalten, oder die Wettergeschwindigkeit wird aus der Anzahl der Umdrehungen mit Hilfe der zuerst von Combes für sein Anemometer aufgestellten Formel:

$$v = v_0 + \alpha \cdot u$$

berechnet, worin v die Wettergeschwindigkeit in Metern, die Anzahl der minutlichen Umdrehungen, v_0 diejenige Geschwindigkeit bedeutet, bei der die Luft das Anemometer nicht mehr in Bewegung zu setzen vermag, und α einen Erfahrungskoeffizienten bezeichnet, welcher für jedes Instrument besonders zu bestimmen ist.

Diese Gleichung zur Berechnung der Wettergeschwindigkeit aus der beobachteten Umdrehungszahl des Anemometers ist die Gleichung einer geraden Linie, wonach die Geschwindigkeit im einfachen proportionalen Verhältniss zur Anzahl der Umdrehungen steht.

Die Resultate der Wettergeschwindigkeitsmessungen lassen hinsichtlich ihrer Zuverlässigkeit und Schärfe fast immer zu wünschen übrig. Zwei Anemometer ergeben selten genau mit einander übereinstimmende Resultate, selbst wenn sie noch nicht lange im Gebrauche waren. Und doch sollten sie beim Messen desselben Luftstromes gleich grosse Geschwindigkeiten anzeigen, gleichwie die Einheiten derselben Länge, wenn sie zweimal gemessen und zu jeder Messung ein anderes, aber jedesmal ein genaues Längenmaass benutzt wird, mit einander genau übereinstimmen müssen.

Ein Umstand, der die Genauigkeit der Luftgeschwindigkeitsangaben der Flügelanemometer beeinflusst, ist der, dass sich die Zapfenreibung dieser Instrumente nach längerem, oft auch schon nach kürzerem Gebrauche durch die Einwirkung des in den Wettern enthaltenen Kohlenstaubes und der Feuchtigkeit ändert und dass dann die für sie berechneten Formeln oder Konstanten nicht mehr genau gültig sein können. Die Instrumente müssen deshalb von Zeit zu Zeit durch ein zweites noch nicht gebrauchtes Instrument geprüft und, falls keine befriedigende Uebereinstimmung in den Werthen beider Instrumente stattfindet, einer Wiederholung der Tarirung unterzogen werden.

Ein Grund zu der Unzuverlässigkeit der Anemometer soll in der Unsicherheit der Methode ihres Justirens liegen. Die Tarirung der Anemometer erfolgt gewöhnlich in ruhender Luft in der Weise, dass das zu prüfende Anemometer an einem Göpelarme befestigt und durch Drehung des Göpels gegen die ruhende Luft bewegt wird; aus dem vom Anemometer zurückgelegten Wege, der während dieser Bewegung verflossenen Zeit und den unterdessen erfolgten Umdrehungen des Anemometers berechnet man dann die einer Anemometerumdrehung entsprechende Ge-

schwindigkeit. Man setzt dabei voraus, dass dieses Verfahren gleichwerthig sei mit jenem, wo das Instrument in einem bewegten Luftstrome, dessen Geschwindigkeit bekannt ist, festgehalten wird, wie es bei seiner Anwendung nach erfolgter Prüfung stets geschieht. Ob und inwieweit aber diese beiden verschiedenen Justirungsmethoden einerlei Resultate ergeben, darüber herrschen bis jetzt noch verschiedene Meinungen.

Nach den Versuchen von du Buat und nach denen von Thibault (siehe Weisbach's Lehrbuch der theoretischen Mechanik, 4. Auflage, 1862, Kapitel über Stoss und Widerstand gegen Flächen in unbegrenzten Flüssigkeiten) lässt sich für den Luft- und Wasserstoss gegen eine ruhende ebene Fläche der Widerstandskoeffizient ζ , oder die Zahl, womit die Geschwindigkeitshöhe zu multiplizieren ist, um die Höhe einer den dynamischen Druck messenden Wassersäule zu erhalten, gleich 1,86 setzen, wogegen, jedoch mit weniger Sicherheit, für den Widerstand der Luft und des Wassers gegen eine bewegte und ebene Fläche $\zeta = 1,25$ anzunehmen ist. Unter der Voraussetzung, dass sich diese Erfahrungszahlen über Widerstand und Stoss auf die Bewegung des Anemometers in ruhender und bewegter Luft anwenden lassen, würde zwischen dem Widerstande, den die ruhende Luft dem am bewegten Göpelarme befestigten Anemometer entgegenstellt, und dem Stosse, den die bewegte Grubenluft bei derselben absoluten Geschwindigkeit, mit der sich das Anemometer am Göpelarme bewegt, auf das in sie hinein gehaltene Anemometer erzeugt, das Verhältniss 1,86 : 1,25 stattfinden. Da ferner die Druckhöhen sich wie die Quadrate der ihnen entsprechenden Geschwindigkeiten verhalten, so würden sich folglich diese beiden verschiedenen Wirkungen auf das Anemometer wie $\sqrt{1,86} : \sqrt{1,25}$ stellen. Die Wettermessungen, welche mit solchen in der beschriebenen Weise tarirten Anemometern ausgeführt werden, würden danach stets zu grosse Werthe, und zwar den $\sqrt{\frac{1,86}{1,25}} = 1,22$ fachen Werth von dem wirklichen angeben.

Dieses Bedenken gegen die Justirungsmethode der Anemometer in ruhender Luft wird durch die Resultate der von der belgischen Ventilator-Kommission für das Gard-Steinkohlenbecken ausgeführten Wettermessungen bestätigt. Es ist wichtig genug, die hierauf bezügliche Stelle aus dem lehrreichen, von Althans¹⁾ übersetzten Berichte der Gard-Kommission hier wiederzugeben. Nachdem dort von der Tarirung der Anemometer und den dabei hervortretenden Mängeln gesprochen worden ist, heisst es dann weiter: „Dieser lästige Umstand war nicht der einzige, mit dem wir zu kämpfen hatten. Nach der Untersuchung zu Fournier erhob sich plötzlich eine erschreckende Schwierigkeit, zu deren Beseitigung wir nicht gelangt sind, welche aber wenigstens als eine Art von Ersatz uns die Gelegenheit gewährt hat, die Ursache zu erkennen. Der Ventilator von Fournier ist ein Fabry, d. h. ein Ventilator von konstantem Volumen, welcher —

1) Preussische Zeitschrift für das Berg-, Hütten- und Salinenwesen, Jahrgang 1884, Seite 182—184.

wie alle Ventilatoren dieser Art — der bekannten Formel von Trasenster

$$v = v_0 - k \sqrt{h}$$

genügen muss. (v geliefertes Volumen, v_0 theoretisches Volumen, h Depression, k Konstante.)

Mit Hilfe unserer fünf Versuche war es uns leicht, die Konstanten dieser Formel und daraus das theoretische Volumen v_0 für jede Umdrehung des Ventilators festzustellen. Nun aber lieferte die auf die Ergebnisse der Messungen begründete Rechnung nicht weniger als 36,544^{cbm}, während die unmittelbare Ausmessung dieses Volumens aus dem Apparate selbst nach Maassgabe seiner Höhen und Durchmesser 31,267^{cbm} nicht überschritt.

Wir glaubten lange an einen Beobachtungsfehler, obwohl es uns unmöglich war, die Ursache desselben zu fassen. Als wir aber einige Monate später zu der Untersuchung von Cessous an einem gleicher Weise der Klasse des konstanten Volumens angehörenden Ventilator voringen, kamen wir auf dieselbe Anomalie: die direkte Ausmessung gab 44,869^{cbm}, die Rechnung nach den Beobachtungen 49,550^{cbm}.

Gegenüber einer solchen Nichtübereinstimmung war die Annahme eines Irrthums in der Beobachtung nicht möglich. Wir befanden uns augenscheinlich gegenüber einer natürlichen Ursache, um deren Beseitigung es sich für uns handelt. Wir glauben dieselbe in dem Prinzip selbst, auf welches man sich stützt, um das Anemometer zu tariren, erkannt zu haben, mithin in einem noch irrigen Prinzip.

Man nimmt als thatsächlich an, wenn ein Anemometer sich an dem Göpelarmende bewegt, dass die Wirkung der daraus hervorgehenden relativen Geschwindigkeit völlig vergleichbar sei derjenigen der absoluten Geschwindigkeit, welche die Luft in den Strecken der Grube besitzt. Wir glauben, es verhält sich anders: bei einer und derselben Luftgeschwindigkeit dreht sich ein Anemometer rascher in einer Grubenstrecke, als an einem Göpel. Daraus ergibt sich die Folgerung, dass die Anemometermessungen beständig übertriebene Resultate liefern.

Versuch von Dubuat. Indem wir eine so gewichtige und auf den ersten Blick so paradoxe Thatsache hinstellten, waren wir erfreut, uns auf die Autorität eines alten Autors stützen zu können, welcher seinerseits zu ähnlichen Schlüssen gelangt ist. In seinen Grundsätzen der Hydraulik und Feuerdynamik erläutert Dubuat in allen ihren Einzelheiten interessante Untersuchungen, aus denen hervorgeht, dass eine ebene, in das Wasser eingetauchte Fläche durch dieses Wasser einen viel erheblicheren Druck empfängt, wenn das Wasser selbst sich bewegt, während die Fläche ruht, als wenn umgekehrt, während das Wasser ruht, die Oberfläche ihrerseits sich bewegt, obwohl die Geschwindigkeiten in dem einen und in dem anderen Falle die nämlichen bleiben. Nun kann man aber offenbar auf Luft anwenden, was für Wasser gilt.

Die Erklärung, welche Dubuat von diesem seltsamen Unterschiede giebt, erinnert noch an die alte Neigung, den Dingen Eigenschaften zu geben: Wie eine Flüssigkeit sich in der Ruhe leichter zertheilt, so muss sie auch ohne Zweifel aus grösserer Entfernung her aus dem Wege geschoben werden und einer beliebigen Be-

wegung, für welche sie indifferent ist, weniger widerstehen. Was uns betrifft, so lässt sich diese Verschiedenheit, wenn nur der besondere Fall der Grubenstrecken ins Auge gefasst wird, in folgender Weise erklären:

Wenn ein Anemometer sich am Göpel bewegt, ist die relative Bewegung der Luft, welche es trifft, von vollkommener Regelmässigkeit, indem alle Moleküle sich mit derselben Geschwindigkeit und in derselben Richtung entgegenstellen. In einer Grubenstrecke ist aber im Gegentheile die Bewegung der Luft völlig ungeordnet. Man kann sich übrigens hiervon durch einen sehr einfachen Versuch überzeugen: ein an einem Göpelarme angebundener Zeugstreifen nimmt sofort seine Gleichgewichtslage an und stellt sich parallel zu derselben, ohne zu flattern; derselbe Streifen wird aber, einem Wetterstrome ausgesetzt, heftig und nach allen Richtungen um seine mittlere Lage flattern. Daraus folgt, dass, wenn ein Anemometer in einer Messsektion dem Wetterstrome entgegengestellt wird, die es stossenden Moleküle mit sehr verschiedenen Geschwindigkeiten begabt sind; da nun aber die lebendige Kraft dieser Moleküle sich nicht wie die einfachen Geschwindigkeiten, sondern wie deren Quadrate verhält, so erhalten die grossen Geschwindigkeiten mehr Einfluss als die schwachen, und die mittlere Geschwindigkeit wird gesteigert.

Folgerung. Nachdem die Kommission derart die Ursachen der Anomalie, welche sie anfangs befremdete, erkannt und erforscht hatte, war dieselbe natürlich geneigt, alle Ergebnisse ihrer Messungen in dem Verhältnisse zu verringern, welches sich aus den beiden Untersuchungen von Fournier und von Cessous ergeben hatte. Allein vor dieser Entschliessung war es unerlässlich, dass sie sich genau über die Höhe der Reduktion unterrichtete. Nun stimmten aber die Wahrnehmungen von Fournier und von Cessous wenig überein. Die Kommission hat sich daher allein und einfach an ihre ersten Resultate gehalten.

Nicht ohne Bedauern hat die Kommission darauf verzichtet, eine derartige Ungenauigkeit mit voller Erkennung der Ursache in ihren Arbeiten bestehen zu lassen. Von anderer Seite aber fand sie hierbei den bedeutenden Vortheil, solche Untersuchungen vorzuführen, welche nicht nur unter sich, sondern auch mit allen denjenigen vergleichbar sind, denen, als nach derselben Methode ausgeführt, derselbe Fehler anhaftet.“

Da dieser Bericht der Gard-Kommission auch in diesem seinem Theile allseitig die vollste Anerkennung gefunden hat, so wird dadurch der Zweifel wegen des irrigen Prinzips der Anemometerjustirung mit anerkannt. An der bestehenden Justirungsmethode ist erst dann kein Anstand mehr zu nehmen, wenn mit voller Sicherheit bestimmt sein wird, dass es für die Wirkung auf ein Anemometer einerlei ist, ob dieses mit einer gewissen Geschwindigkeit gegen einen ruhenden Luftstrom bewegt wird, oder ob auf dasselbe ein Luftstrom von derselben Geschwindigkeit einwirkt.

Da von so berufener Seite Zweifel gegen die Richtigkeit der Tarirung der Anemometer am Göpel erhoben werden, so schwindet allerdings das Vertrauen darauf im Allgemeinen. Ehe die im Abschnitte III enthaltenen Versuche mit Erfolg ausgeführt werden konnten, war

genau zu bestimmen, ob das Anemometer, das dazu dienen sollte und das in ruhender Luft am Göpel tarirt war, die wirkliche Wettergeschwindigkeit angab. Zu diesem Behufe wurde das Instrument neu geprüft, und zwar a) durch Einhaltung desselben in einen bewegten Luftstrom, dessen Geschwindigkeit bekannt war, b) durch Bewegung desselben in geradliniger Bewegung gegen ruhende Luft, c) am Göpel.

a) Prüfung des Anemometers durch Einhalten desselben in einen Luftstrom, dessen Geschwindigkeit bekannt ist.

Unter der kaum anzufechtenden Voraussetzung, dass der Pulverrauch mit der Luft, in welcher er sich bewegt, einerlei Geschwindigkeit hat, kann die Geschwindigkeit der Luft durch diesen bestimmt werden, indem man misst, wieviel Zeit der Pulverrauch gebraucht, um eine gewisse, vorher abgemessene Kanallänge zu durchströmen. Hierzu ist ein gerader Kanal mit möglichst regelmässigem Querschnitte erforderlich; solche Kanäle sind aber durch die fast bei jeder grösseren Grube vorhandenen Querschlag gegeben. Will man einen im Betriebe stehenden Querschlag dazu benutzen, so sind diese Messungen zu einer Zeit auszuführen, während welcher weder der Betrieb durch sie, noch umgekehrt sie durch den Betrieb gestört werden, was recht gut ausführbar ist. Um diese Messungen für diejenigen Geschwindigkeiten anstellen zu können, für welche man das zu tarirende Instrument später benutzen will, sind die Umgänge des Ventilators der betreffenden Grube, wo die Tarirung vorgenommen wird, entsprechend zu reguliren.

In dem 720^m langen, ganz gradlinigen Oppelschachter fünften Hauptquerschlage, welcher ausgemauert ist und durchgehends 4,5 □^m Querschnitt besitzt, wurde in 300^m Entfernung vom Oppelschachte, in dem die Wetter einfallen, in der Mitte seines Querschnittes eine Spreize gelegt, und in deren Mitte das zu prüfende, vom Mechanikus Rosenmüller in Dresden angefertigte Casella'sche Flügelanemometer mit 96^{mm} Durchmesser und acht um 45° geneigten Flügeln aufgestellt. Nachdem das sehr solid gearbeitete und ziemlich empfindliche Instrument auf Null eingestellt und arretirt war und Verfasser die Uhr zur Hand genommen hatte, wurden in der Richtung nach dem Schachte hin, in genau 200^m Entfernung von der Spreize, auf ein gegebenes Zeichen zwei Röllchen komprimirtes Schwarzpulver abgebrannt. In dem Augenblicke der Entzündung wurde das Zählwerk des Anemometers gelöst und der Stand des Sekundenzeigers an meiner Uhr notirt. Es galt nun, den Pulverrauch rechtzeitig zu sehen, bezüglich zu riechen und bei seinem Eintritte in den Messquerschnitt das Zählwerk des Anemometers augenblicklich zu arretiren, sowie gleichzeitig den Stand des Sekundenzeigers zu markiren, um die während der Bewegung des Pulverrauches bis zur Spreize verflossenen Sekunden und zurückgelegten Umdrehungen des Anemometers zu bestimmen. Diese Beobachtungen wurden von zwei Beobachtern mehrmals wiederholt, um nicht nur eine Kontrolle zu haben, sondern auch einen Mittelwerth daraus feststellen zu können. Der Umstand, dass der Pulverrauch, der im Beobachtungspunkte zuerst gesehen und gerochen wird, nicht die mittlere Geschwindigkeit der Luft im ganzen Streckenquerschnitte, sondern die

Geschwindigkeit angiebt, die die Luft in der Mitte des Streckenquerschnittes besitzt, ist dadurch ausgeglichen, dass das Anemometer in der Mitte des Querschlagquerschnittes aufgestellt war, wo die auf das Instrument einwirkende Luftgeschwindigkeit gerade so gross ist, wie die Geschwindigkeit des hier vorauseilenden Pulverrauches. Die Versuche wurden des Nachts vorgenommen, wo keine Störungen im Luftstrom durch den Betrieb vorkommen, und zwar während der Oppelschachter Ventilator erst 214 und dann 130 Umdrehungen machte. Die Resultate hiervon folgen in nachstehender Tabelle 21.

Tabelle 21.

Nummer des Versuches	Vom Pulverrauch durchlaufener Weg m	Zeit der Pulverrauchbewegung Sekunden	Umdrehungen des Anemometers während dieser Pulverrauchbewegung
	1	2	3
1) Das Ventilatorrad machte 214 Umdrehungen.			
1	200	83	792,2
2	200	85	795,6
3	200	87	805,8
4	200	85	788,8
5	200	85	788,8
2) Das Ventilatorrad machte 130 Umdrehungen.			
1	200	96	785,4
2	200	96	788,8
3	200	99	788,8
4	200	98	792,2
5	200	97	785,4

Das zu prüfende Anemometer war bereits vom Lieferanten am Göpel in ruhender Luft tarirt; sein Zählwerk ist so konstruirt, dass der Zeiger von diesem unter Hinzuzählung einer Konstanten — 8^m in der Minute — die Luftgeschwindigkeit direkt angiebt. 1^m Geschwindigkeit entspricht 3,4 Umdrehungen des Instrumentes. Wenn diese Tarirung richtig gewesen wäre, so hätte das Instrument den Weg von 200^m, den die Luft während der Versuche von dem einen bis zum anderen Stationspunkte zurückgelegt hatte, genau angeben müssen. Es giebt aber diesen Weg nicht zu 200^m, sondern nach Spalte 3 der obigen Tabelle 21 zu $\frac{794 + 788}{3,4 \cdot 2} + \left(\frac{85 + 97}{2 \cdot 60} \right) \cdot 8 = 245^m$, also um das $\frac{245}{200} = 1,22$ fache zu gross an.

Ein beim hiesigen Werke im Gebrauche stehendes Casartelli-Biram'sches Anemometer, das in Freiberg am Göpel tarirt worden war und die Berechnungsformel

$$v = 0,300 + 0,216 Z$$

besitzt, worin Z die Ablesung am oberen Zählwerke in der Sekunde bedeutet, wenn jede Ziffer desselben für 10 gilt, wurde ebenfalls in dieser Weise geprüft und gab anstatt 100^m eine Länge von 110^m an. Es erscheinen danach die Klagen, dass zwei verschiedene Anemometer

für denselben Luftstrom gewöhnlich zweierlei Geschwindigkeiten anzeigen, gerechtfertigt.

Diese Unrichtigkeit in der Angabe der Geschwindigkeit veranlasste die Aufstellung einer Berechnungsformel für das Casella'sche Anemometer. Aus der Anzahl der Sekunden, die der Rauch zur Durchströmung der 200^m langen Wegstrecke im Querschlage gebrauchte, berechnet sich die Geschwindigkeit des Rauches in der Sekunde und damit die Geschwindigkeit der Luft, die auf das Anemometer einwirkte,

nach den Versuchen bei 214 Spielen des Ventilators
im Mittel zu $\frac{200}{85} = 2,353^m (v_1)$,

nach den Versuchen bei 130 Spielen des Ventilators
im Mittel zu $\frac{200}{97} = 2,062^m (v_2)$,

und die Anemometerumdrehungen in der Sekunde

nach den Versuchen bei 214 Spielen des Ventilators
im Mittel zu $\frac{794}{85} = 9,34 (u_1)$,

nach den Versuchen bei 130 Spielen des Ventilators
im Mittel zu $\frac{788}{97} = 8,124 (u_2)$.

Bezeichnen v_1 und v_2 die aus beiden Versuchen berechneten Wettergeschwindigkeiten und u_1 und u_2 die daraus berechneten Umfangsgeschwindigkeiten, ferner a die Verhältnisszahl, mit der die Umfangsgeschwindigkeit des Instrumentes zu multiplizieren ist, um die Geschwindigkeit zu erhalten, und b die Trägheitskonstante des Anemometers, so lassen sich die zwei Bedingungsgleichungen aufstellen:

$$v_1 = a u_1 + b,$$

$$v_2 = a u_2 + b.$$

Daraus berechnet sich die Konstante a zu

$$\frac{v - v_1}{u - u_1} = \frac{2,353 - 2,062}{9,360 - 8,133} = 0,237$$

und die Konstante b zu

$$\frac{v \cdot u_1 - v_1 \cdot u}{u_1 - u} = \frac{2,353 \cdot 8,133 - 2,062 \cdot 9,360}{8,133 - 9,360} = 0,14.$$

Diese Trägheitskonstante wurde durch direkte Bestimmung zu 0,16 ermittelt. Die Berechnungsformel für unser Anemometer hat sonach die Form

$$v = 0,237 \cdot u + 0,14.$$

Stellt man grössere Reihen von Versuchen unter verschiedenen Geschwindigkeiten an und bestimmt dann die Konstanten der Berechnungsformel nach der Methode der kleinsten Quadrate, so werden dadurch deren Mittelwerthe für diese Geschwindigkeiten erhöht. — Wenn, wie im vorliegenden Falle, zu dieser Prüfungsmethode ein hinreichend langer, geradliniger Querschlag mit gleichem Querschnitte zu Gebote steht, das zu prüfende Instrument in dem Punkte des Querschnittes aufgestellt wird, wo die Luft die grösste Geschwindigkeit besitzt, nicht zu wenig Pulver verwendet und dieses elektrisch entzündet wird, so erlangt man bei einiger Uebung damit ziemlich

sichere Resultate. Einwände dagegen, wie die, dass die Erscheinung des Pulverrauches im Beobachtungsquerschnitte nicht scharf abschneide, dass die Luftgeschwindigkeit in den verschiedenen Theilen des Querschnittes nicht gleich gross sei, können die Sicherheit dieser Anemometerjustirung kaum sehr erschüttern.

b) Prüfung des Anemometers durch Bewegung desselben in geradliniger Richtung gegen ruhende Luft. Diese Prüfung erfolgte im Carolaschachter zehnten Westquerschlage, der ungefähr 5 □^m Querschnitt hat, geradlinig getrieben ist und bis jetzt etwa 150^m aufgeföhren war. Die Luft war vollständig in Ruhe, nachdem man die darin eingebaute Luttventilation abgestellt hatte. Um das zu prüfende Anemometer möglichst gleichmässig und frei gegen die ruhende Luft zu bewegen und es stets in genau rechtwinkliger Stellung gegen die Bewegungsrichtung zu erhalten, war es 200^m über der Stirnseite eines Förderhundes zwischen einer an dessen Kasten befestigten Gabel (A) (Fig. 5, Taf. I) aufgehängt und durch die Federn (a, a) gegen Stösse geschützt.

Die Resultate der Messungen mit nur genanntem Anemometer, das vermittelst des Hundes, woran es angebracht war, mit gleicher Geschwindigkeit fortbewegt wurde, sind in folgender Tabelle 22 zusammengestellt.

Tabelle 22.

Nummer des Versuches	Vom Anemometer durchlaufener Weg	Zeit der Anemometerbewegung	Umdrehungen des Anemometers
	m	Sekunden	
1	100	110	360
2	100	98	374
	100	100	360
3	100	87	380
	100	86	374

Das Anemometer sollte, wenn seine Tarirung richtig wäre, den von ihm zurückgelegten Weg von 100^m anzeigen; es giebt aber

$$\text{nach dem Versuche 1} = \frac{360}{3,4} + \frac{110}{60} \cdot 8 = 121^m,$$

$$\text{„ „ „ 2} = \frac{367}{3,4} + \frac{99}{60} \cdot 8 = 121^m,$$

$$\text{„ „ „ 3} = \frac{377}{3,4} + \frac{87}{60} \cdot 8 = 120^m$$

an. Ausserdem wurde die in dem zehnten Querschlage abgemessene 100^m Streckenlänge von mir mit dem Anemometer in der Hand, dasselbe immer hinreichend seitlich vom Körper und rechtwinkelig zur Bewegungsrichtung haltend, mit gleichmässigem Schritte durchlaufen, wobei sich fast dieselben Resultate ergaben, wie die in Tabelle 22 enthaltenen.

Dieses Anemometer zeigt sonach für die abgemessene Weglänge von 100^m, wenn es in geradliniger Richtung gegen ruhende Luft bewegt wird, 120,7^m an, und wenn es in einen Luftstrom eingehalten wird, sich die Luft

gegen dasselbe bewegt, nach Tabelle 21, 122,5^m, also in beiden Fällen fast dieselbe Geschwindigkeit an. Danach wäre es fast gleichgültig, ob das Anemometer gegen die ruhende Luft bewegt wird, oder ein Luftstrom mit derselben Geschwindigkeit auf das ruhende Instrument einwirkt. Vor einer genauen Vergleichung dieser Werthe mit einander ist zunächst eine Reduktion derselben auf gleiche Geschwindigkeit erforderlich, was auf Seite 87 versucht worden ist.

Die Wirkung des Wasserstosses gegen eine ruhende, unbewegliche Fläche und der Widerstand des Wassers gegen eine geradlinig dagegen bewegte Fläche scheinen, nach diesen Versuchen zu urtheilen, sich nicht mit dem Stosse der Luft auf eine um eine Achse bewegliche Fläche und mit dem Widerstande der Luft gegen eine solche um eine Achse bewegliche Fläche vergleichen zu lassen.

c) Prüfung des Anemometers am Göpel, also durch Bewegung desselben in kreisförmiger Bewegung gegen ruhende Luft. Die Messungen erfolgten im Lohnsaale des Oppelschachtes in Zauckerode, wo ein solcher Messgöpel mit einem 2^m langen Arme aufgestellt war. Das Instrument wurde auf dem Göpelarme genau rechtwinkelig zu diesem nacheinander bei 2,0^m, 1,0^m und 0,5^m Abstand von der Göpelachse befestigt und in jeder dieser drei Aufstellungen mit derselben Umfangsgeschwindigkeit möglichst gleichmässig im Kreise bewegt. Der Göpel machte, je nachdem das Instrument 2,0^m, 1,0^m oder 0,5^m von der Drehachse abstand, in zwei Minuten 8, 16 oder 32 Umdrehungen, so dass das Instrument den Weg $4 \cdot 3,14 \cdot 8 = 2 \cdot 3,14 \cdot 16 = 1 \cdot 3,14 \cdot 32 = 100,48^m$ zurücklegte. Zweitens hatte das

Anemometer am 2^m langen Göpelarme die Bahn von 100,48^m nacheinander in 90, 60, 45 und 30 Sekunden zurückzulegen. Die Resultate dieser Versuche enthält nebenstehende Tabelle 23.

Die Resultate dieser Tabelle lassen eine Vergleichung der Weglängen zu, die das Anemometer für denselben Aufstellungspunkt anzeigt, wenn der Göpel sich bei jedem Versuche mit anderer Umfangsgeschwindigkeit dreht. Eine solche gegenseitige Vergleichung der vom Anemometer als zurückgelegt angezeigten Weglängen mit dem vom Anemometer-Aufstellungspunkte wirklich zurückgelegten Wege hat den Zweck, nachzuweisen, ob die gewöhnliche Berechnungsformel der Anemometergeschwindigkeit $v = au + b$, wonach die Geschwindigkeit des treibenden Luftstromes mit der Umfangsgeschwindigkeit des Anemometers im proportionalem Verhältnisse steht, ausreichend ist. Der aus den Umdrehungen des Anemometers nach der Gleichung $v = 0,237u + 0,14$ berechnete Weg beträgt nach den Versuchen unter a) der Tabelle 23,

wenn dasselbe die Bahn von 100,48^m in 120 Sekunden zurücklegt = 91,4^m,
wenn dasselbe die Bahn von 100,48^m in 90 Sekunden zurücklegt = 92,4^m,
wenn dasselbe die Bahn von 100,48^m in 60 Sekunden zurücklegt = 93,0^m,
wenn dasselbe die Bahn von 100,48^m in 45 Sekunden zurücklegt = 94,2^m,
wenn dasselbe die Bahn von 100,48^m in 30 Sekunden zurücklegt = 94,5^m.

Nach dieser Gleichung berechnen sich also für die vom Instrument zurückgelegte Bahn von 100,48^m verschiedene Werthe. Diese Berechnungsformel ist sonach für diese Geschwindigkeiten nicht ausreichend und kann es auch selbst dann nicht sein, wenn sie genau für dieselben berechnet wäre. Danach giebt ein für niedrige Geschwindigkeiten tarirtes Anemometer, wenn damit grosse Geschwindigkeiten gemessen werden, diese zu gross an. Es muss also wenigstens für jedes Instrument angegeben werden, für welche Geschwindigkeiten seine Berechnungsformel oder Konstante gilt. Der Verein für berg- und hüttenmännische Interessen des Aachener Bezirkes hat ein Casella'sches Anemometer, dem nach dem Fabrikanten die Trägheitskorrektur von 10^m in der Minute oder 0,1666^m in der Sekunde zukommen sollte, die Formel

$$v = 0,14169 + 0,8666u + 0,04888u^2$$

aufgestellt, worin v die Luftgeschwindigkeit in Metern in der Sekunde und u die Ablesungszahl des Zifferblattes bezeichnet.¹⁾

Die Weglängen, die das Anemometer nach Tabelle 21 im Querschlage durch Einhaltung in den Luftstrom, nach Tabelle 22 im Querschlage durch Bewegung gegen die ruhende Luft, nach Tabelle 23 am Göpel an einem 2^m langen Arme durch Bewegung gegen die ruhende Luft anzeigt, sind zu ihrer gegenseitigen Vergleichung in nachstehender Tabelle 24 übersichtlich zusammengestellt.

¹⁾ Preussische Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen, Bd. 24, Seite 167.

Tabelle 23.

Numer des Versuches	Vom Anemometer durchlaufener Weg in der Minute m	Umdrehungen des Anemometers in der Minute	Zeit der Anemometerbewegung in Sekunden	Vom Anemometer angegebener Weg, berechnet nach der Gleichung $v = 0,237u + 0,14$ m
	1	2	3	4
a) Der Abstand des Anemometer-Aufstellungspunktes von der Göpelachse beträgt 2,0 ^m .				
1	100,48	315	120	91,4
2	100,48	337	90	92,4
3	100,48	357	60	93,0
4	100,48	371	45	94,2
5	100,48	381	30	94,5
b) Der Abstand des Anemometer-Aufstellungspunktes von der Göpelachse beträgt 1,0 ^m .				
1	100,48	306	120	89,3
2	100,48	347	60	90,5
c) Der Abstand des Anemometer-Aufstellungspunktes von der Göpelachse beträgt 0,5 ^m .				
1	100,48	299	120	87,6
2	100,48	201	240	81,4

Tabelle 24.

Fort- laufende Nummer	Art der Bewegung des Anemometers	Vom Anemometer angezeigte Weglänge berechnet		Zeitdauer der zurückgelegten Weglänge Sekunden	Wirklich zurück- gelegte Weglänge, und zwar unter Nr. 1 von der Luft, unter Nr. 2) vom Anemometer im Querschlage, unter Nr. 3) vom Anemo- meter am Göpel m
		nach der vom Fabrikanten an- gegebenen Berechnung m	nach der Seite 83 aufgestellten Formel $v = 0,237 u = 0,14$ m		
1	Im Querschlage durch Einhaltung in den Luftstrom	122,5	100,0	45,5	100,00
2	Im Querschlage durch Bewegung gegen die ruhende Luft	120,7	101,3	93,0	100,00
3	Am Göpel an einem 2 ^m langen Arme durch Bewegung gegen die ruhende Luft	a) 115 b) 111	94,2 92,4	45 90	100,48 100,48

Die unter Nr. 2 und 3 in Spalte 2 vorstehender Tabelle 24 aufgeführten Weglängen sind mit denen unter Nr. 1 nur insoweit ohne Weiteres vergleichbar, als sie sich auf gleiche Zeitdauer beziehen; wie die unter Nr. 1 angegebenen, wofür die Berechnungsformel

$$v = 0,237 \cdot u + 0,14$$

aufgestellt wurde. Dies kann also nur für die unter Nr. 3^a, aber nicht auch für die unter Nr. 2 und 3^b stehenden Weglängen erfolgen.

Wenn wir den unter fortlaufender Nummer 3 dieser Tabelle enthaltenen Unterschied in den vom Anemometer angezeigten Weglängen von $94,2 - 92,4 = 1,8^m$, welcher seine Ursache darin hat, dass das Anemometer die $100,48^m$ lange Bahn nicht für jeden der beiden Versuche in gleicher Zeit, sondern einmal in 45 Sekunden und dann in 90 Sekunden zurücklegte, auch für die Resultate der fortlaufenden Nummern 1 und 2 gelten lassen, weil für diese beiden Versuche der Unterschied in der Zeitdauer der zurückgelegten Wege mit jenem übereinstimmt, so ergibt sich, dass das Anemometer, wenn es im Querschlage geradlinig gegen die ruhende Luft bewegt wird und das Instrument im Querschlage durch Einhaltung in einem seiner Geschwindigkeit nach bestimmten Luftstrom tarirt ist, die Geschwindigkeit um $101,3 + 1,8 - 100 = 3,3$, rund um 3 Proz. zu gross anzeigt; umgekehrt wird ein im Querschlage durch Bewegung gegen die ruhende Luft tarirtes Anemometer bei Verwendung zur Messung von Wettersgeschwindigkeiten dieselben um 3 Proz. zu klein angeben.

Ist das Instrument im Querschlage tarirt, so giebt es, wenn es am Göpel bewegt wird, den von ihm zurückgelegten Weg zu klein an; daraus folgt umgekehrt, dass, wenn das Anemometer am Göpel tarirt ist, es im Gebrauche zum Messen der Wetter deren Geschwindigkeiten zu gross anzeigt, und zwar je nach der Umfangsgeschwindigkeit und dem Halbmesser des Göpels, auf dem es tarirt wurde, um 5—10 Proz. zu gross angiebt.

Nach den unter Nr. 1 und 3^a der Tabelle 24 berechneten Weglängen, welche sich auf gleiche Zeitdauer beziehen und deshalb gegenseitig vergleichbar sind, zeigt das Anemometer den Weg, den es am Göpel bei 2^m Ab-

stand von der Drehungsachse durch Bewegung gegen die ruhende Luft zurücklegte, um $100,48 - 94,2 = 6,28^m$ zu klein an.

Die Ursache, dass das Anemometer weniger Umdrehungen macht, wenn es am Göpel in der Zeiteinheit denselben Weg zurücklegt, als der bei seiner Tarirung im Querschlage auf dasselbe einwirkende Luftstrom in der Zeiteinheit Weg durchlief, liegt jedenfalls darin, dass, wenn das Anemometer sich im Kreise bewegt, durch das Flügelrad in der Zeiteinheit nicht die Luftmenge zu strömen vermag, als wenn es sich in gerader Linie bewegt. Danach würde im Allgemeinen anzunehmen sein, dass die Umdrehungen des Anemometers in der Zeiteinheit des von ihm zurückgelegten Weges mit der Grösse des Halbmessers abnehme. Inwieweit dies wirklich der Fall ist, kann aus den Resultaten der Tabelle 23 nicht entnommen werden, vielmehr sind zur Beantwortung dieser Frage erst noch besonders hierauf gerichtete Versuche anzustellen.

Justirung der Anemometer. Bezüglich der Justirung könnte man die Anemometer eintheilen in solche, mit denen die bei jeder Grube zur Ueberwachung des Betriebes nöthigen Wettermessungen dauernd ausgeführt werden, und in solche, die für genauere Messungen bestimmt sind, wozu die Vergleichung der Leistungen der Ventilatoren gehören.

Die Anemometer, welche am Göpel und so tarirt sind, dass sie unter Hinzuzählung einer Konstanten die Geschwindigkeiten direkt angeben, sind am ersten noch für den beständigen Gebrauch im Betriebe ausreichend. Bei ihnen ist mehr auf Einfachheit der Geschwindigkeitsberechnung und auf solide Konstruktion zu sehen, weil sie durch den häufigen Transport und Gebrauch, die Feuchtigkeit und den Kohlenstaub der Grubenluft viel auszuhalten haben. Insoweit die Resultate solcher Messungen zur gegenseitigen Vergleichung der durch eine Grube zu verschiedenen Zeiten strömenden Wettermengen dienen, gleicht sich, solange dasselbe Instrument benutzt wird, ein Irrthum oder Fehler in seiner Tarirung aus. Die Ausführung genauer Wettermessungen erfordert hingegen ganz zuverlässig justirte Anemometer. Es muss das Tarirungsprinzip als richtig anerkannt sein, und die vom

Anemometer angegebene Geschwindigkeit der gemessenen Wettergeschwindigkeit genau entsprechen. Um die in den aufzustellenden Berechnungsformeln enthaltenen Konstanten hierdurch und genau zu bestimmen, sind die darauf bezüglichen Messungen wenigstens von Meter zu Meter Geschwindigkeit und in genügender Anzahl abzuführen.

Die Tarirung der Anemometer kann entweder am Göpel, oder im Querschlage, oder vor einer Ausflussöffnung erfolgen. Die Justirung am Göpel scheint, nach den Resultaten der Tabelle 24 zu urtheilen, nicht ganz zuverlässig zu sein. Will man die Göpeltarirung beibehalten, so ist das Verhältniss zwischen denjenigen Weglängen zu bestimmen, die das zu justirende Anemometer für die bewegte Luft im Querschlage und für die Bewegung seines Aufstellungspunktes am rotirenden Göpel anzeigt. Nach der Tabelle 24 würde diese Verhältnisszahl für den Aufstellungspunkt des Anemometers in 2^m Abstand von der Göpelachse in den dort angegebenen Geschwindigkeitsgrenzen 0,94 betragen.

Das Prinzip der Anemometertarirung mittelst der Bewegung von Pulverrauch im Querschlage ist richtig. Diese Methode hat allerdings den Uebelstand, dass sich im Querschlage die Geschwindigkeiten, wie man sie zur Tarirung wünscht, nur schwer und umständlich herstellen lassen. Am ersten ist dies noch für geringe Geschwindigkeiten möglich. Für grössere Geschwindigkeiten dürfte eine genaue Justirung kaum anders möglich sein, als vor einer Ausflussöffnung. Eine solche Ausflussöffnung, mit deren Hülfe sich leicht genau bestimmte Luftströme bis zu 10^m Geschwindigkeit beschaffen lassen, lässt sich in einem Querschlage durch Einschaltung eines dichten Verschlagel mit verstellbarem Schieber herstellen. Der Verschlag ist so zu konstruiren, dass er sich leicht einbauen und wegnehmen lässt, und am besten aus Eisenblech herzustellen. Wird durch diesen Verschlag ein Rohr geführt und daran ein Manometer angebracht, so lässt sich die Druckdifferenz vor und hinter dem Verschlage bestimmen und daraus und aus dem Querschnitte der Ausströmungsöffnung die Luftgeschwindigkeit nach der Ausflussformel berechnen.

Durch Verstellung des Schiebers, also Veränderung der Ausflussöffnung, lassen sich leicht verschiedene Luftgeschwindigkeiten erzeugen. Diese Methode, die mit Tarirung vor der Ausflussöffnung bezeichnet sei, hat den Vorzug gegen die Tarirung vor der Ausflussöffnung eines Gefässes, dass die Ausflussgeschwindigkeit noch durch direkte Messung der Luftgeschwindigkeit im Querschlage kontrolirt werden kann, und so sich auch der Ausflusskoeffizient für die Ausflussöffnung genau bestimmen lässt. Eine solche Anemometer-Tarirungsstation liesse sich beim Kgl. Steinkohlenwerke leicht errichten.

2) Beschränkung in der Anwendung der Anemometer.

Die Anemometer sind nicht verwendbar

a) zum Messen kleiner Geschwindigkeiten; der Grund, weshalb sie die Geschwindigkeit schwacher Luftströme nicht anzugeben vermögen, liegt in dem nöthigen Kraftaufwande zur Ueberwindung des Trägheitsmomentes ihrer beweglichen Theile, wozu für die allermeisten dieser Instrumente mindestens 0,1^m Wettergeschwindigkeit nöthig ist;

b) zum Messen der Geschwindigkeiten in geneigten Strecken und in saigeren Schächten. Wie bereits erwähnt, sind die im Gebrauche stehenden Anemometer unter rechtwinkliger Einwirkung des Luftstromes zu ihrer Flügelachse justirt; wenn daher der Luftstrom anders als rechtwinkelig auf die Flügelebene des Anemometers auftrifft, so wird dieses nach der Theorie des Stosses andere Geschwindigkeiten dafür anzeigen, als wenn der Luftstrom parallel zur Umdrehungsachse des Instrumentes wirkte.

Ist die Luftgeschwindigkeit in geneigten Strecken zu messen, so ergiebt ein darin horizontal aufgestelltes Anemometer eine Geschwindigkeit, die von der wirklichen abweicht; bringt man das Anemometer nach dem Augenmaasse mit seiner Flügelachse in die rechtwinkelige Lage zur Strecken-Fallrichtung, so erhält man einen grösseren Werth, als wenn es horizontal aufgestellt ist; allein abgesehen davon, dass diese Schrägstellung des Instrumentes ohne besondere Vorrichtung doch nur annähernd geschehen kann, so verändert sich bei solchem Geneigthalten, bezüglich in saigeren Schächten Horizontalhalten des Anemometers doch die Zapfenreibung in demselben, so dass dessen Berechnungsformel für diese Fälle nicht anwendbar ist, ohne die Genauigkeit hintanzusetzen.

Zur Bestimmung der Grösse, um die ein Anemometer die Geschwindigkeit eines nicht parallel zu seiner Umdrehungsachse einwirkenden Luftstromes zu klein oder zu gross anzeigt, wurde das Instrument im Querschlage, wo die Luftstromrichtung eine horizontale ist, in 0, 10, 20, 30 und 45 Grad geneigter Lage gegen die Vertikalebene aufgestellt und in diesen fünf Stellungen die Geschwindigkeit abgenommen. Das Resultat davon enthält nachstehende Tabelle 25.

Tabelle 25.

Vom Anemometer angezeigte Luftgeschwindigkeit, wenn die Luftstromrichtung horizontal und das Instrument eine geneigte Lage gegen die Vertikalebene hat von				
0 Grad	10 Grad	20 Grad	30 Grad	45 Grad
m	m	m	m	m
147	144	142	128	107

Trifft der Luftstrom rechtwinkelig auf das Flügelrad, so ist nach dieser Tabelle seine Wirkung darauf und folglich die Umdrehungszahl des Instrumentes am grössten. Mit der Abweichung der rechtwinkligen Einwirkung des Luftstromes auf das Flügelrad verringert sich die Umdrehungszahl des letzteren.

Wie das in einer geneigten Strecke horizontal aufgestellte Anemometer nicht die absolute Wettergeschwindigkeit, sondern je nach der Grösse des Neigungswinkels der Wetterstromrichtung andere Werthe dafür angiebt, so verhält es sich ähnlich, wenn in einer horizontalen Strecke die Umdrehungsachse des Anemometers nicht parallel zum Wetterstrom gerichtet ist, sondern um einen bestimmten Horizontalwinkel davon abweicht.

In nachstehender Tabelle 26 sind einige Resultate von derartigen Geschwindigkeitsmessungen in einer horizontalen Wetterstrecke mit einem darin horizontal aufgestellten Anemometer, dessen Drehungsachse um 0, 10, 20, 30 und 45 Grad von der Wetterstromrichtung abwich, aufgeführt.

Tabelle 26.

Fortlaufende Nummer	Vom Anemometer angezeigte Luftgeschwindigkeit bei Abweichung seiner Drehungsachse von der horizontalen Wetterstromrichtung um					Anmerkungen
	0 Grad	10 Grad	20 Grad	30 Grad	45 Grad	
	m	m	m	m	m	
1	254	250	242	232	178	Die Messungen erfolgten an einem Arbeitstage während des Betriebes.
2	248	240	230	220	172	
3	147	143	140	134	113	

Aus den Ergebnissen der Tabellen 25 und 26 geht zunächst hervor, dass in horizontalen Strecken das Anemometer nicht bloß genau horizontal, sondern auch genau rechtwinkelig zur Wetterstromrichtung aufzustellen ist, was nicht allein für die Flügelanemometer, sondern auch für das sehr verbreitete Dickinson'sche Anemometer gilt; zweitens, dass die von einem horizontal, aber nicht rechtwinkelig zur Stromrichtung aufgestellten Anemometer angegebene Geschwindigkeit von der wirklichen Wettergeschwindigkeit fast um ebensoviel abweicht, wie diese Abweichung nach Tabelle 25 in dem Falle beträgt, wo das Anemometer eine geneigte Lage gegen die Vertikalebene hat und der Wetterstrom gegen die Flügelebene unter demselben Neigungswinkel auftritt, um welchen jener Aufstellung in horizontaler Strecke die Flügelebene gegen die Stromrichtung abweicht.

Es wäre danach in Bezug auf die Wettergeschwindigkeit einerlei, ob sich die Richtung einer Strecke um einen bestimmten Winkel in der Horizontal- oder in der Vertikalebene verändert. Dagegen bleibt unbestimmt, ob es für die Wirkung des Luftstromes auf das Anemometer gleichgültig ist, wenn sich die Achsenrichtung des Flügelrades um einen bestimmten Winkel ändert und die Stromrichtung dieselbe bleibt, oder wenn die Stellung des Flügelrades unverändert bleibt, aber die Stromrichtung um denselben Winkel wechselt. Es kann aber hierin kaum einen Unterschied geben.

3) Beschreibung zweier neuer Geschwindigkeitsmesser.

a) Pendelanemometer zum Messen geringer Wettergeschwindigkeiten. Wie bekannt, können mit den jetzt in Gebrauch stehenden Anemometern kleinere Geschwindigkeiten der Wetter als $0,1^m$ kaum gemessen werden. Dieser Minimalgeschwindigkeit entspricht in Strecken mit $2,5 \square^m$ Querschnitt ein Luftquantum von $60 \cdot 0,1 \times 2,5 = 15^{cbm}$ in der Minute. In Strecken, wo das durchströmende Wetterquantum noch nicht 15^{cbm} in der Minute beträgt, ist es danach nicht möglich, mit einem solchen Anemometer die Wettergeschwindigkeit zu

bestimmen. Zur Messung solcher schwacher Luftströme wurde nachfolgend beschriebenes Pendelanemometer vom Verfasser konstruiert. Dasselbe besteht aus einer Art Gradbogen (A), dem Pendel (B) und der Aufhängevorrichtung (C) (Fig. 6^a bis 6^c, Taf. I). Der Gradbogen (A) bildet einen etwa 60^{cm} langen, 2^{cm} breiten und 1^{mm} dicken Stab (a), an dessen einem Ende ein 2^{cm} breites und 1^{mm} dickes, 30^{cm} langes Bogenstück (b) mit Skala befestigt und dessen anderes Ende mit einer dreikantigen, in eine scharfe Schneide auslaufenden Achse (c) versehen ist, womit die Aufhängung des Gradbogens an das Aufhängestück (C) erfolgt.

Das Pendel (B), welches am Gradbogen etwa 20^{mm} unter dessen Aufhängepunkte seinen Drehpunkt hat, besteht aus einem mit Luft angefüllten, an einem Seidenfaden hängenden Kollodiumballon, welcher auch selbst gegen geringen Luftzug grosse Empfindlichkeit besitzt. An Stelle des Seidenfadens kann auch ein Pferdehaar und an Stelle des Kollodiumballons ein entsprechend dünnwandiger Kautschukballon verwendet werden. Es ist darauf zu sehen, dass der Ballon, dessen Empfindlichkeit gegen den Luftstrom mit seiner Grösse wächst, seinen Durchmesser, welchen er bei Bestimmung der Skala des Gradbogens hatte, nicht verändert. Obgleich bei einiger Vorsicht der Ballon sich lange Zeit gut erhält, so ist es doch rathsam, wenn man einen zweiten gleichartigen Ballon in Reserve aufbewahrt, den man vor seiner Ingebrauchnahme genau bis zu derselben Grösse des unbrauchbar gewordenen aufzublasen hat.

Das Aufhängestück (C) besteht aus zwei Theilen, von denen der eine Theil (d) die Form einer Klaue hat und zur Aufhängung des Gradbogens dient, während der andere Theil (e) im Wesentlichen aus einer dreikantigen, in eine scharfe Schneide auslaufenden Achse besteht, worauf an dessen beiden Enden der Rahmen des Klauenstückes rechtwinkelig zur Gradbogendrehungsachse ruht; in der Mitte ist diese Achse mit einem gabelförmigen Endstücke versehen, um daran das ganze Instrument aufzuhängen. Durch diese Aufhängung mittelst zweier rechtwinkelig zu einander stehenden Drehungsachsen stellt sich der Gradbogen vermöge seines eigenen Gewichtes von selbst in horizontale Lage. Das genaue Einstellen des Pendels auf Null der Gradbogeneintheilung kann indess auch durch eine auf der hinteren Seite des Gradbogens aufgesetzte Röhrenlibelle (g) mittelst der beiden Schrauben (f, f) geschehen, wovon jedoch kaum Gebrauch zu machen sein wird, da das Instrument nur zum Messen schwacher Luftströme dienen soll, die auf den freihängenden, immerhin verhältnissmässig schweren Gradbogen so gut wie keinen Ausschlag hervorbringen.

Was die Justirung dieses Pendelanemometers betrifft, so ist auf Nr. 20 der Berg- und hüttenmännischen Zeitung, Jahrgang 1884, zu verweisen, wo sie in einem protokollarisch wiedergegebenen, von Herrn Bergrath Bornemann in Freiberg gehaltenen Vortrage mit erwähnt ist. Hierzu soll noch angeführt werden, dass diese Justirung auch dadurch erfolgen kann, dass man in einer möglichst geraden Strecke mit eingebauter Lutzenventilation durch den bis vor Ort gelegten Lutzenstrang verschiedene Luftmengen strömen lässt und diese genau misst; man kann entweder mittelst eines genauen Flügel-

anemometers die Geschwindigkeit der aus den Lutten strömenden Wetter bestimmen und sie auf den ganzen Streckenquerschnitt reduzieren, oder die Geschwindigkeit der Luft in der Strecke direkt messen, indem man die Geschwindigkeit beobachtet, mit welcher Pulverdampf in dieser Strecke abzieht. Gleichzeitig mit je einer solchen Geschwindigkeitsbestimmung wird der Ausschlag des Pendels des in der Strecke aufgehängenen, zu tarirenden Pendelanemometers beobachtet. Nach Feststellung einer ganzen Reihe solcher Pendelausschlags-Beobachtungen ergeben sich die Zwischenwerthe durch Interpolation. Die Bestimmung der Skala kann so erfolgen, dass jeder ihrer Theilstriche 1^{cm} Geschwindigkeit angiebt. Natürlich werden die Abstände dieser Striche von einander immer kleiner, je weiter sie vom Nullpunkte entfernt liegen.

Dieses Pendelanemometer, das bloß in mehr roher als in vollkommener Weise zur Ausführung gekommen ist, ergab bei seiner Verwendung befriedigende Resultate. Man konnte damit noch Wettergeschwindigkeiten von nur einigen Centimetern messen. Da beim hiesigen Steinkohlenwerke, wo so gut wie keine Schlagwetter auftreten, die Oerter, vor welchen ein mit den gewöhnlichen Flügelanemometern nicht mehr messbares Luftquantum zirkulirt, die Luft gewöhnlich durch Lutten zugeführt erhalten, wo das Flügelanemometer zum Messen der Geschwindigkeit verwendet werden kann, so ist dieses Instrument wegen der geringen Dauerhaftigkeit des Kollodiumballes nicht weiter in Gebrauch gekommen. Vielleicht lässt sich das Pendel aus einem Ball von haltbarer Substanz, etwa aus ganz feiner Gummihaut herstellen, ohne von seiner leichten Beweglichkeit einzubüssen, und sich so in die Praxis einführen.

b) Multiplikationsanemometer. Vor ungefähr zehn Jahren hat den Verfasser folgende Betrachtung auf die Konstruktion dieses Instrumentes geführt. Nach den in diesem Abschnitte aufgeführten Depressionsabnahmen ergab sich, dass das Manometer unter Benutzung eines Manometeranschlussrohres, das mit seinem in den Wetterkanal mündenden Ende rechtwinkelig umgebogen und der Wetterstromrichtung entgegengerichtet ist, fast genau die totale Pressung und unter Benutzung eines geraden Anschlussrohres mit rechtwinkelig zu seiner Längsachse stehender Mündung die totale Pressung, vermindert um die zweifache Geschwindigkeitshöhe anzeigt. Führen wir also von der Terrainoberfläche nach dem Kanalraume zwei solche genannte Anschlussröhren ein und verbinden deren über der Terrainsohle befindliche Enden mit je einem Manometer, so erhalten wir an dem einen dieser zwei Manometer die der Kanalluft entsprechende totale Pressung und an dem anderen dieselbe Pressung um die zweifache Geschwindigkeit vermindert. Die Differenz dieser beiden Pressungen ergibt die doppelte, also die halbe Differenz die einfache Geschwindigkeitshöhe der Wetter im Kanale. Da einer Geschwindigkeit von 4^m der Druck einer 1^{mm} grossen Wassersäule entspricht, so beträgt der bei dieser Geschwindigkeit an den beiden genannten Röhren abgenommene Pressungsunterschied 2^{mm}.

Wegen der Kleinheit dieser Druckdifferenz besitzt diese Bestimmung der Wettergeschwindigkeit keine hinreichende Genauigkeit.

Um die Geschwindigkeit mittelst solcher Druckabnahmen genauer bestimmen zu können, bedarf es eines Mittels, wodurch die der Geschwindigkeit entsprechende Druckhöhe vergrößert werden kann. Ein solches Mittel besteht darin, dass man die in der Geschwindigkeit der Wetter enthaltene Stosskraft auf eine elastische Membrane wirken lässt, die empfindlich genug ist, um auch noch von schwachen Luftströmen an seiner der Wirkung des Stromes ausgesetzten Fläche merklich eingedrückt zu werden. Bildet eine solche Membranfläche die gegen den Wetterstrom gerichtete Fläche eines hohlen Körpers und steht dieser mit einem Manometer in Verbindung, so wird bei Eindrückung der Membranfläche die in dem hohlen Körper enthaltene Luft sich verdichten und die Flüssigkeit im Manometer entsprechend der Luftverdichtung steigen.

Das hierauf gegründete Instrument besteht aus einem Trichterrohre (A) (Fig. 7^a, Taf. I), dessen weites Ende mit einer Membran aus Gummi luftdicht abgeschlossen ist, und aus einem Gefässmanometer (B), welches mittelst eines Kautschukrohres (C) mit jenem in Verbindung steht, oder welches auch direkt mit jenem verbunden sein kann, wie Fig. 7^b darstellt.

Das zu dem Instrumente verwendete Gefässmanometer besteht aus einem 20^{cm} langen, 30^{cm} breiten und 10^{cm} hohen Blechgefässe (a) (Fig. 7^a), auf dessen Deckel der Rohrstutzen (b) befestigt und an welches seitlich, 1^{cm} über der Bodenfläche, ein um 30 Grad geneigter, 5^{cm} langer und 2^{cm} weiter Rohrstutzen (c) zur Aufnahme einer 1^{cm} weiten Glasröhre (d) mit Millimeteereintheilung angebracht ist; die Länge der Glasröhre hängt von der ihr zu gebenden Neigung, von der zu messenden Geschwindigkeit, sowie von der Grösse und Elastizität der Membranfläche ab.

Stellt man dieses Instrument in einem Wetterstrom so auf, dass dieser rechtwinkelig gegen die Membran des Rohres (A) (Fig. 7^a) auftritt, so ist der Normalstoss P der Luft gegen diese ebene Membranfläche gleich dem Gewichte derjenigen Luftsäule, welche zur Basis den Querschnitt F der gestossenen Fläche und zur Höhe die zweifache Geschwindigkeitshöhe $\left(2 \frac{v^2}{2g}\right)$ hat. Es beträgt demnach, wenn die lichte Weite der Membranfläche $F = 25 \text{ cm}^2$, die darauf stossende Wettergeschwindigkeit $c = 4 \text{ m}$ und das Gewicht eines Kubikmeters Luft $\gamma = 1,2 \text{ kg}$ beträgt, die von dem Wetterstrom auf diese elastische Fläche ausgeübte Stosskraft

$$P = F \cdot \frac{v^2}{g} \cdot \gamma = \frac{0,25 \cdot 0,25 \cdot 3,14 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 1,2}{4 \cdot 9,81} = 0,1 \text{ kg} = 100 \text{ g}.$$

Die Stosskraft eines solchen Luftstromes auf die als vollkommen elastisch angenommene Membran hält also einer Wassersäule von 100^g Gewicht oder von 100^{cm} Inhalt das Gleichgewicht. Nehmen wir den lichten Querschnitt der Manometerglasröhre unseres Instrumentes zu 1 □^{cm} an, so beträgt die Höhe der von dem Luftstosse im Gleichgewicht gehaltenen Wassersäule 100^{cm}. Analog dieser Berechnung ergibt sich für 1^m Wettergeschwindigkeit diese Manometerhöhe zu $\frac{100}{16} = 6,25 \text{ cm}$

und für 2^m Geschwindigkeit zu $\frac{100}{46} = 25^{\text{cm}}$. Die Grösse

der vervielfältigten Geschwindigkeitshöhe richtet sich nach dem Grössenverhältniss zwischen der Membranfläche des Multiplikators und dem lichten Querschnitte der Manometerglasröhre. Obgleich diese berechnete Druckhöhe, infolge der unvollkommenen Elastizität der Membranfläche, welche sich erst von einer gewissen Wettergeschwindigkeit an verändert, von diesem Instrumente nicht voll angegeben wird, so geht aus dieser Berechnung jedenfalls so viel hervor, dass die der Geschwindigkeit entsprechende vervielfältigte Druckhöhe auf diese Weise hinreichend gross angegeben werden kann, um daraus die Geschwindigkeit der Wetter mit Zuverlässigkeit zu bestimmen. Je elastischer und je grösser die Membranfläche ist, um so empfindlicher wird das Instrument, aber je grösser sie ist, um so schwieriger wird ihre Herstellung und Aufspannung, um so grösser fällt das Instrument aus und um so mehr wird dann dieses bei seinem Gebrauche in der Grube den Streckenquerschnitt verengen. Eine lichte Weite der Membranfläche von 25^{cm}, wie oben in Rechnung gestellt wurde, dürfte dafür schon die maximale Grösse sein.

Da durch das mit Membranverschluss versehene konische Rohr (A) die der Geschwindigkeit entsprechende Druckhöhe an einem damit verbundenen Manometer vervielfältigt angegeben wird, ist jenes mit Multiplikator, und da das ganze Instrument, der Multiplikator in Verbindung mit einem Manometer, zur Bestimmung der Geschwindigkeit dienen soll, ist dieses mit dem Namen Multiplikationsanemometer benannt worden. Dieses Instrument besitzt gegenüber den Flügelanemometern einen besonderen Vorzug darin, dass es eine fortdauernde unmittelbare Ablesung der Wettergeschwindigkeit ermöglicht, während allerdings die Flügelanemometer die nicht zu unterschätzende Eigenschaft besitzen, dass sie die Unregelmässigkeiten, die in der Geschwindigkeit der Wetter stattfinden, mit angeben, und zwar um so genauer, auf eine je längere Dauer sich die Messungen erstrecken. Die Unregelmässigkeiten der Geschwindigkeiten werden dadurch in den Messungsergebnissen ausgeglichen.

Beim Gebrauche des Multiplikationsanemometers zum Messen der Wettergeschwindigkeit in der Grube wird zunächst das Gefässanemometer (B) annähernd horizontal gestellt und so weit mit Wasser angefüllt, bis dieses in seine Glasröhre (d) eintritt und auf dem Skala-Nullstrich von dieser einsteht; hierauf wird der Multiplikator damit in Verbindung gebracht und das ganze Instrument so gestellt, dass die Gummimembran rechtwinkelig zur Wetterstromrichtung zu stehen kommt, also die bewegten Wetter rechtwinkelig auf letztere stossen; die Mündung der Glasröhre (d) erhält hingegen dadurch eine der Richtung des Wetterstromes abwärts gerichtete Lage, wodurch eine saugende Wirkung an dieser ihrer Oeffnung entsteht, welcher Einfluss indessen bei der Kleinheit des Querschnittes der Glasröhre gegenüber der grossen Stossfläche der Röhre A kaum in Betracht kommt. Je grösser der Stoss der Wetter auf die Gummimembran ist, um so höher steigt die Flüssigkeit in der Glasröhre und um so mehr fällt sie im Manometergefässe; da jedoch der Querschnitt des letzteren etwa tausendmal grösser ist, als der der

Manometerglasröhre, so ist diese letztere Fallhöhe so klein, dass sie schwer messbar ist und deshalb unberücksichtigt bleiben kann.

Damit wir die vervielfältigte Geschwindigkeitshöhe als Maass für die zu messende Geschwindigkeit der Luft benutzen können, ist noch die Justirung des Instrumentes nöthig, bestehend in der Bestimmung der Verhältnisszahl zwischen der von ihm angegebenen Druckhöhe und der der Geschwindigkeit der Wetter, welche auf seine Membranfläche einwirkt, entsprechenden Druckhöhe.

Bezeichnet man diese einfache Geschwindigkeitshöhe mit h_2 und die vervielfältigte mit h_f , so berechnet sich die gesuchte Verhältnisszahl $\mu_1 = \frac{h_2}{h_f}$ und die zu bestimmende Geschwindigkeit

$$v_2 = \sqrt{2g \cdot \mu_1 \cdot h_f}.$$

Zur Bestimmung des Koeffizienten μ_1 bedarf es so nach wieder eines Luftstromes, dessen Geschwindigkeit bekannt ist; auf welche Weise letzterer herzustellen ist, wurde bereits früher besprochen.

Berechnet man, nachdem der Koeffizient μ_1 bestimmt ist, die jedem Millimeter der vervielfältigten Druckhöhe h_f entsprechende Geschwindigkeit und stellt diese Rechnungsergebnisse in einer Tabelle zusammen, so lässt sich ohne Weiteres die der abgenommenen Druckhöhe entsprechende Geschwindigkeit daraus ablesen.

Das vorstehend beschriebene Multiplikationsanemometer, wovon der Multiplikator für gewöhnlich, wenn er nicht gebraucht wird, in ein ausgepolstertes Kästchen einzulegen ist, um die Membran zu schützen, lässt sich hoffentlich noch weiter vervollkommen und das Prinzip, worauf es beruht, jedenfalls auch zu Geschwindigkeitsmessungen von Wasser und von in Wasser oder Luft bewegten festen Körpern, als Schiffen, Lokomotiven, verwenden.

Ob die Konstruktion der beiden beschriebenen Geschwindigkeitsmesser nun in jeder Beziehung zweckmässig ist, mag dahingestellt bleiben. Dem Verfasser kam es bei Vorführung beider Instrumente hauptsächlich auf die Angabe des Prinzipes an, worauf sie beruhen, sowie auf die Anführung der beiden zur Herstellung von Geschwindigkeitsmessern eingeschlagenen Wege.

4) Theils schwer, theils nicht völlig abstellbare Einflüsse auf die Geschwindigkeitsmessungen und deren möglichste Beseitigung.

Zu diesen Einflüssen sind zu rechnen:

a) Die unvermeidliche Störung, welche der Körper des Beobachters verursacht. Je kleiner der Messquerschnitt und je grösser der Körper des Beobachters ist, desto grösser ist der Einfluss des letzteren auf die Genauigkeit der Messungsergebnisse. Man begegnet diesem Uebelstande damit, dass man für den Beobachter neben der Messstelle eine Nische zum Eintreten anbringt; allein durch eine solche seitliche Erweiterung in der Nähe des Beobachtungsquerschnittes entstehen Unregelmässigkeiten in der Wetterströmung, die ebenfalls vermieden werden möchten; auch muss der Beobachter dennoch während des Ablesens am Instrumente in den Messquerschnitt eintreten. Neben der Wahl eines möglichst grossen Messquerschnittes ist jedoch dieses Hilfsmittel nicht von der Hand zu weisen.

b) Die Schwierigkeit des ganz genauen Fixirens der Beobachtungszeit und der Touren des Ventilators.

c) Die Störungen durch diejenigen plötzlichen Geschwindigkeitsveränderungen, welche durch Oeffnen und Schliessen der Wetterthüren, sowie durch die Förderung, das Schiessen und das Ausströmen komprimirter Luft in der Grube hervorgerufen werden. Die Einflüsse, welche aus diesen Störungen und aus den unter b) angeführten Schwierigkeiten entstehen, sind aber sehr klein und gleichen sich für gewöhnlich in den Messungsergebnissen um so mehr aus, je grösser die Zeitdauer der Beobachtung genommen wird. Dieser Ausgleich kann aber nicht durch solche Instrumente bewirkt werden, welche Augenblicksresultate angeben, wie z. B. das Dickinson'sche Anemometer ein solches ist, sondern nur durch solche Instrumente, die eine beliebig lange fortdauernde Beobachtung zulassen, wie es die Flügelanemometer sind.

d) Die Verschiedenheit der Geschwindigkeit der Wetterströmung in den einzelnen Punkten desselben Streckenquerschnittes. Durch die Reibung, der die bewegten Wetter an den Streckenstössen ausgesetzt sind, werden die davon betroffenen Lufttheilchen in ihrer Bewegung gehemmt und strömen folglich langsamer als die in der Mitte der Strecke sich bewegenden Lufttheilchen; zudem sind es aber vornehmlich die plötzlichen Richtungsveränderungen der Wetterwege, welche die Verschiedenheiten erzeugen.

Um das Luftquantum, das durch den Messquerschnitt strömt, zu bestimmen, wäre es das Genaueste, die Geschwindigkeit in allen Punkten, wo sie von einander verschieden ist, zu messen und die Grösse der Flächentheile zu ermitteln, für welche die gemessenen Geschwindigkeiten gelten. Da aber dies nicht ausführbar ist, so verfährt man in der Weise, dass man von einer möglichst grossen Anzahl Beobachtungspunkten, die auf den ganzen Messquerschnitt gleichmässig vertheilt werden, die Geschwindigkeit misst, aus diesen Messungsergebnissen den Mittelwerth berechnet und diesen als die gesuchte mittlere Geschwindigkeit der Wetter annimmt. Diese Bestimmungsweise der mittleren Geschwindigkeit ist aber für laufende Messungen zu zeitraubend und mühsam; man vereinfacht sie deshalb wie folgt.

Man bestimmt die Verhältnisszahl (μ_2) zwischen der für den ganzen Messquerschnitt bestimmten mittleren Wettergeschwindigkeit v_m und derjenigen Geschwindigkeit v_b , welche in dem gewählten Beobachtungspunkte gemessen wurde, und kann dann mit Hülfe dieses Koeffizienten

$$\mu_2 = \frac{v_m}{v_b}$$

jederzeit aus der für gewöhnlich nur an einem Punkte gemessenen Geschwindigkeit v_b die mittlere Geschwindigkeit

$$v_m = \mu_2 \cdot v_b$$

für den ganzen Messquerschnitt berechnen.

Es lässt sich auch die berechnete mittlere Geschwindigkeit mit den in den einzelnen Querschnittspunkten abgenommenen Geschwindigkeiten vergleichen und aus diesen Beobachtungspunkten für die später auszuführenden Messungen derjenige Punkt als beständiger Stationspunkt wählen, in welchem die beobachtete Geschwindigkeit mit der

berechneten mittleren im ganzen Messquerschnitt übereinstimmt. Findet keine genaue Uebereinstimmung zwischen der letzteren und einer der beobachteten Geschwindigkeiten statt, so legt man den zu fixirenden Beobachtungspunkt zwischen diejenigen Punkte, in welchen die beobachteten Geschwindigkeiten mit dieser mittleren Geschwindigkeit am meisten übereinstimmen.

Ein drittes Verfahren ist folgendes. Die Geschwindigkeiten der Wetter werden nicht in den einzelnen Beobachtungspunkten des Messquerschnittes abgenommen und daraus die mittlere Geschwindigkeit für den ganzen Messquerschnitt berechnet, sondern letztere wird dadurch bestimmt, dass man das Instrument möglichst gleichförmig auf und ab oder hin und her bewegt, so dass es nach und nach mit den Luftfäden des ganzen Messquerschnittes in Berührung kommt, wodurch sich die mittlere Wettergeschwindigkeit im Messquerschnitt direkt ergibt. Dieses Verfahren lässt zwar nicht diejenige Schärfe der Messung erreichen, welche mit der Methode der Einzelbeobachtung erzielt wird, allein es leistet in der Praxis doch recht gute Dienste und ist vornehmlich an solchen Stellen anzuwenden, wo Geschwindigkeitsmessungen nicht wiederkehrend, sondern nur einmalig vorgenommen werden und wobei es nicht auf allzugrosse Genauigkeit, aber auf die Verwendung von möglichst geringem Zeit- und Arbeitsaufwand ankommt.

e) Die Verschiedenheit der Richtung der Wetterströmung in den einzelnen Punkten desselben Messquerschnittes. Sie wird erzeugt aus den Richtungs- und Querschnittsveränderungen der Wetterwege. Für die Geschwindigkeitsmessung ist es, wie wir dargethan haben, eine Bedingung, dass das im Beobachtungsquerschnitt horizontal aufgestellte Anemometer mit seiner Umdrehungsachse parallel zum Wetterstrom gerichtet ist, weil es nur für diese Aufstellungsweise tarirt ist. Diese parallele Stellung wird erzielt, indem man das Instrument mit seiner Flügelachse möglichst rechtwinkelig zum Streckenquerschnitt stellt. Wenn nun aber die einzelnen Stromfäden im Messquerschnitt verschiedene Richtung haben, wie dies z. B. in kurzen Verbindungskanälen zwischen Wetterschacht und Ventilatorraum wegen der hier auftretenden Richtungsveränderungen der Fall ist, und das Instrument in allen Beobachtungspunkten des Messquerschnittes die angegebene Stellung erhält, so erhält, dass daraus Ungenauigkeiten hervorgehen. Gleichwohl lässt sich in solchen Fällen das Anemometer mit seiner Flügelachse auch nicht einmal annähernd rechtwinkelig zur Richtung der betreffenden Stromfäden halten, weil diese Richtungen weder zu sehen, noch sonst bekannt sind. Je grösser die Richtungsverschiedenheit der einzelnen Stromfäden ist, um so unzuverlässiger und ungenauer sind die an einer solchen Stelle gemessenen Geschwindigkeiten. Die grössten derartigen Unregelmässigkeiten treten in den Luftwirbeln auf, in denen die lebendige Kraft der einzelnen Luftfäden wohl zum Theil auf Erzeugung einer Art rotirender und schwingender Bewegungen und Anprallen der Lufttheilchen verbraucht wird.

Die möglichste Unschädlichmachung der unter d) und e) aufgeführten Einflüsse auf die Genauigkeit der Resultate der Geschwindigkeitsmessungen hängt vornehmlich von einer guten Wahl des Messquerschnittes ab. Dieser

ist möglichst so anzulegen, dass in seiner nächsten Nähe keine Querschnitts- und Richtungsveränderungen der Strecke vorkommen und dass darin die Wettergeschwindigkeit eine mittlere ist; dies ist aber in Strecken der Fall, die söhlig und geradlinig getrieben sind und möglichst regelmässigen und grossen Querschnitt haben.

5) Reduktion des gemessenen Wettervolumens auf den Normalzustand.

Bei gewöhnlicher Feststellung der in verschiedenen Gruben zur Zirkulation gelangenden Luftmengen kann, wenn der Zweck der Bestimmung nur der ist, einen fortlaufenden Ueberblick über die Stärke der Ventilation zu erhalten, also wenn es sich nur um die Erfüllung der Ueberwachung des Grubenbetriebes handelt, die Reduktion des Luftquantums füglich unterbleiben. Will man aber die von ganz verschiedenen gelegenen Gruben und zu ganz verschiedenen Jahreszeiten gemessenen Luftmengen gegenseitig zum Vergleich bringen, gleichgültig, ob für sich allein oder im Verhältniss oder mit den ihnen entsprechenden Depressionen als äquivalente Ausflussquerschnitte oder als Nutzleistungen der über den betreffenden Gruben wirkenden Ventilatoren, so ist entweder eine Reduktion der bei t^0 Temperatur und p^{mm} Barometerdruck gemessenen Luftmengen auf 0^0 Temperatur und 760^{mm} Barometerstand nöthig, oder es ist, wenn das gelieferte Luftquantum in Gewicht ausgedrückt wird, das für 0^0 Temperatur und 760^{mm} Barometerdruck festgestellte spezifische Gewicht der Luft für diejenige Temperatur und denjenigen Barometerdruck zu berechnen, unter welchen das Luftquantum gemessen wurde. Diese Bestimmung ist als Reduktion auf den Normalzustand bekannt.

Bezeichnet

V_{pt} das Volumen eines Luftquantums bei p Barometerdruck und t^0 Temperatur,

V_{nt} das Volumen desselben Luftquantums bei 760^{mm} Barometerdruck und t^0 Temperatur, so berechnet sich nach dem Mariotte'schen Gesetz, nach welchem sich der Druck umgekehrt proportional verhält wie das Volumen,

$$V_{nt} = \frac{p}{760} \cdot V_{pt};$$

bezeichnet ferner

V_{no} das Volumen desselben Luftquantums bei 760^{mm} Barometerstand und 0^0 Temperatur, so ist nach dem Gay-Lussac'schen Gesetze, nach welchem sich die Dichtigkeit direkt proportional verhält wie das Volumen,

$$V_{no} = \frac{V_{nt}}{(1 + 0,00367 t)} \cdot \frac{p}{760}.$$

Nach dieser Formel erfolgt die Reduktion auf den Normalzustand.

Um auch den Einfluss der Feuchtigkeit auf das spezifische Gewicht der Luft zu berücksichtigen, wird (siehe z. B. Rittinger's Werk: Die Zentrifugalventilatoren, 1858, Seite 28) vorgeschlagen, den Ausdehnungskoeffizienten der Luft in Berücksichtigung ihres Feuchtigkeitsgehaltes anstatt 0,00367 zu 0,004 anzunehmen. Aus dieser Annahme geht hervor, dass der Einfluss der Feuchtigkeit auf die Grösse des spezifischen Gewichtes der Luft sehr

unbedeutend ist und die hierauf gerichtete Korrektur noch am ersten unberücksichtigt bleiben kann.

Es dürfte für Manche erwünscht sein, die ungefähre Grösse zu erfahren, bis zu welcher die zu vergleichenden, unter verschiedener Temperatur und ungleichem Barometerstand als gleich gross gemessenen Luftmengen von einander abweichen, wenn wir sie auf ihren Normalzustand reduzieren.

Die Sommer- und Winter-Temperatur der einfallenden Wetter kann zwischen Gruben, von denen beispielsweise die eine im südlichen Frankreich, die andere im nördlichen Deutschland liege, recht füglich um 20^0 differiren. Aus einem solchen Temperaturunterschied ergibt sich, wenn wir die Dichtigkeit des unter t^0 Temperatur gemessenen Luftvolumens = 1 setzen, die Dichte des unter $t + 20^0$ Temperatur gemessenen Luftvolumens zu

$$\frac{1}{1 + 0,00367 \cdot 20} = 0,93.$$

Die in diesen beiden Fällen ihrem Volumen nach als gleich gross gemessenen Luftmengen ergeben also ihren Gewichten nach eine gegenseitige Differenz von 7 Proz.

Nicht so gross fällt diese Temperaturdifferenz aus, wenn nicht die einfallenden, sondern die ausziehenden Wetter gemessen werden. Beim hiesigen Steinkohlenwerke differirt z. B. die Temperatur der ausziehenden Wetter Sommer und Winter um höchstens 2^0 ; wenn es sich also nur um eine gegenseitige Vergleichung der Leistungen der in den hiesigen Revieren wirkenden Ventilatoren handelt und wenn das Volumen der ausziehenden Wetter gemessen wird, so ist eine solche Reduktion hier kaum nöthig. Indessen kann von mehreren Gruben, deren geographische Breiten, sowie deren Höhen über dem Meeresspiegel, Tiefen unter der Erdoberfläche sehr verschieden sind, die Temperatur der ausziehenden Wetter recht gut zwischen 15 und 25^0 schwanken, also ihre Differenz 10^0 betragen. Dies giebt, wenn wir die Dichtigkeit des bei 15^0 gemessenen Luftvolumens = 1 setzen, die Dichte des bei 25^0 gemessenen Luftvolumens zu

$$\frac{1}{1 + 0,00367 \cdot 10} = 0,965.$$

Die in beiden Fällen ihrem Volumen nach als gleich gross gemessenen Luftmengen ergeben also ihren Gewichten nach eine gegenseitige Differenz von $3\frac{1}{2}$ Proz.

Während die Dichtigkeitsveränderung der Luft, die aus der vom Ventilator erzeugten Pressung hervorgeht, nur sehr klein ist, kann die Differenz des zu verschiedenen Zeiten gemessenen Barometerdruckes an demselben Orte ziemlich bedeutend sein. Beträgt während der einen Wettermessung der Barometerdruck 760^{mm} und während der anderen 730^{mm} , und setzen wir das Gewicht der unter jenem Drucke gemessenen Wettermenge = 1, so berechnet sich das Gewicht der unter diesem Drucke gemessenen Luftmenge zu $\frac{730}{760} = 0,96$.

Aus diesen Berechnungen erhellt, dass die unter sehr ungleichen meteorologischen Umständen gleich gross gemessenen Luftmengen, wenn man sie auf den Normalzustand reduziert, bis etwa zu 10 Proz. von einander abweichen können, also durch Unterlassung der Reduktion



so bestimmter Luftmengen um ebensoviel gefehlt werden kann.

Auf den zu erreichenden Genauigkeitsgrad der Messungen wird es ankommen, ob man die Reduzirung des Luftvolumens auf den Normalzustand vorzunehmen hat oder nicht, gleichwie davon auch die Bestimmungsweise der absoluten Depression abhängt. Die letztere allein mit der peinlichsten Genauigkeit zu bestimmen, und die Reduktion des Luftvolumens auf den Normalzustand zu unterlassen, ist nicht nachahmenswerth; es müssen vielmehr sowohl die Bestimmung der Depression als die des Luftvolumens gegenseitig übereinstimmend mit gleicher Sorgfalt vorgenommen werden.

Die Reduktion des Luftquantums auf den Normalzustand hat stattzufinden, wenn die zu vergleichenden Luftmengen, beziehentlich Ventilatorleistungen unter sehr verschiedenem Barometerdrucke und verschiedener Temperatur bestimmt wurden. Nicht allein bei Vergleichung von Luftmengen, die unter ungleichen Temperaturen mit Anemometer gemessen wurden, findet man die Reduktion auf den Normalzustand unbeachtet gelassen, sondern auch in Berechnungen der Wettergeschwindigkeit aus der Differenz der Lufttemperaturen im Wettereinfall- und Wetterauszugsschachte, wenn die gewöhnlich stattfindende Ventilation eine natürliche ist oder durch Wetterofenbetrieb erfolgt.

Nach Serlo's Bergbaukunst, 3. Auflage, II. Theil, Seite 246 lässt sich, wenn

- t_1 die Temperatur der äusseren Luft,
- t die Temperatur der Luft im Wetterauszugsschachte,
- α den Ausdehnungskoeffizienten = 0,00366,
- h die Niveaudifferenz zwischen der Hängebank des Wettereinfallschachtes und der des Wetterauszugsschachtes

bezeichnet und wenn man die der Luft entgegenstehenden Hindernisse unbeachtet lässt und t_1 kleiner als t annimmt, die aus dem Temperaturunterschiede des einfallenden und des ausziehenden Wetterstromes hervorgehende Wettergeschwindigkeit nach Péclet zu

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h \cdot \alpha \frac{t - t_1}{1 + \alpha t}},$$

dagegen nach Ponson zu

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h \cdot \alpha \frac{t - t_1}{1 + \alpha t_1}}$$

berechnen.

In der von Péclet aufgestellten Formel wird die Druckhöhe h in t Temperatur und in der von Ponson aufgestellten in t_1 Temperatur ausgedrückt.

Bezieht man hingegen die Druckhöhe auf 0° Temperatur, so beträgt der Druck der Luftsäule im Wettereinfallschachte:

$$P = (1 - \alpha t_1) h$$

und der über dem Wetterauszugsschachte:

$$P_1 = (1 - \alpha t) h,$$

mithin die bewegende Kraft im Wetterauszugsschachte:

$$P - P_1 = (1 - \alpha t_1) h - (1 - \alpha t) h,$$

$$P - P_1 = -\alpha t_1 h + \alpha t h,$$

$$P - P_1 = \alpha h (t - t_1)$$

und, da $P - P_1$ die Differenz h_0 zwischen der Pressung der Luft im Wettereinfall- und Wetterauszugsschachte bedeutet, folglich die Geschwindigkeit

$$v = \sqrt{2 g h_0},$$

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot \alpha \cdot h \cdot (t - t_1)},$$

$$v = 0,27 \sqrt{h(t - t_1)}.$$

Während diese Formel zur Berechnung der Wettergeschwindigkeit schon an sich durch ihre Einfachheit der Péclet'schen und der Ponson'schen vorzuziehen ist, fällt ausserdem noch die Reduktion der Geschwindigkeit auf 0° Temperatur aus.

Ueber Strassenbahnen.

Von

Geh. Rath **Köppe** in Dresden.

Durch das Aufkommen der elektrischen Triebkraft ist die Strassenbahnfrage in ein neues Stadium getreten. Es ist möglich geworden, die Bahnwagen mit Hülfe der Elektrizität weit schneller als mit Pferden zu bewegen, aber in demselben Maasse wie die Geschwindigkeit sind auch die Störungen und Gefahren gewachsen, welche der Bahnbetrieb dem gewöhnlichen Verkehre bereitet. Kann man ein Pferdebahngleis einigermaassen als eine partielle Eisenbefestigung einer Strasse ansehen zum Zwecke, die darüber fortrollenden Wagen möglichst leicht und für die Insassen ohne das lästige Rütteln und Geräusch, welches das Strassenpflaster entstehen lässt, zu bewegen, so ist diese Anschauung damit wohl zu rechtfertigen, dass mindestens die Personenfuhrwerke: Droschken und Omnibusse u. s. w., gleich schnell fahren können und zu fahren pflegen, wie die Pferdebahnwagen. Hier wie dort wird die Muskelkraft der Pferde zum Ziehen verwendet.

Ganz anders steht es mit den elektrischen Bahnen. Auf neuen wie auf bestehenden Strassenbahnen wird der elektrische Betrieb hauptsächlich zu dem Zwecke eingeführt, eine grosse Geschwindigkeit zu erzielen, eine Geschwindigkeit, welche diejenige aller gewöhnlichen Geschirre bedeutend übertrifft. Auf einer bei Dresden bestehenden elektrischen Strassenbahn haben wir eine Geschwindigkeit von 29^{km} in der Stunde oder 8^m in der Sekunde wiederholt beobachtet, das ist wenigstens das Doppelte der Fahrgeschwindigkeit von Pferdefuhrwerken. Durch diese ihnen eigene, mit ihrer Einführung von vornherein angestrebte grosse Geschwindigkeit, ohne welche mit der Verwendung der Elektrizität als Triebkraft in die Augen springende Vortheile vor dem Pferde- (Seil- u. s. w.) Transport nicht zu erzielen gewesen wären, fallen die elektrisch bewegten Fuhrwerke aus dem allgemeinen Strassenverkehre ebenso als ein ungleichartiges Element heraus, wie etwa die Lokomotiven. Eine elektrisch betriebene Bahn nöthigt nicht etwa nur schwere Lastfuhr-

werke, ihren Wagen auszuweichen, sondern diese überholen auch die schnellsten Kutschen. Eine elektrische Strassenbahn beansprucht bei grösserem Verkehre einen Streifen der Strasse nahezu für sich allein.

Wird das Vorstehende zugegeben, so stellt die Konzession einer elektrischen Strassenbahn eine theilweise Aufopferung oder Preisgebung des Zweckes der Strasse dar. Wenn nun auch nicht geleugnet werden kann, dass eine elektrische Bahn, während sie einerseits den Achsentransport erschwert und beeinträchtigt, andererseits das Fortkommen der Personen bedeutend fördert, indem sie es beschleunigt, so fragt es sich doch, ob es sich rechtfertigen lässt, in üblicher Weise Konzessionen auf längere Zeit an Private zu ertheilen, um diesen die Anlage von Gleisen und die Einführung elektrischen Betriebes zu gestatten. Dass und in welchem Maasse lukrativ solche Anlagen für das hineingewandte Privatkapital sein können, lehren mannigfache Erfahrungen, und es ist daher nicht zu verwundern, wenn neue dringende Anträge auf Konzessionirungen sich häufen.

Fragt man nun, wie sich Staat und Gemeinden zu solchen Anträgen verhalten sollen, so möchte Beiden zu rathen sein, die Anträge abzuweisen, den Bau nach Befinden selbst in die Hand zu nehmen, beziehentlich die vorhandenen Pferdebahngleise anzukaufen. Die Gründe hierfür sind bereits angedeutet, soweit sie in der Beeinträchtigung und Gefährdung des Strassenverkehrs beruhen, wogegen kaum ein noch so strenger Vertrag oder scharfe Handhabung des Aufsichtsrechts schützen können. In Nordamerika, dem klassischen Lande der Strassenbahnen, kommen alljährlich viele Menschen durch dieselben — in Chicago mit seinen vielen im Strassenniveau liegenden Lokomotiv- und Seilbahnen jährlich mehrere Hunderte — um Leben und Gesundheit, und es ist bekannt, dass man in New York und einigen anderen Grossstädten bereits zur Anlage von Hochbahnen sowohl, wie tief liegenden

Gleisstrecken übergegangen ist. Diese Hoch- oder Tieflegung der Strassenbahngleise kann allein zur Beseitigung aller Gefahren führen, und man sollte daher so früh wie möglich in jeder grossen Stadt die künftig auszubauenden Linien dieser Art festlegen. Welchen Nutzen für den Verkehr solche Bahnen bringen können, lehren am besten die Stadtbahnen von Berlin und London und in etwas geringerem Maasse — wegen der Verunstaltung der Strassen — die Hochbahnen von New York.

Soweit es sich bis jetzt übersehen lässt, können innerhalb ihres Bereichs gewöhnliche Eisenbahnen mit Dampf-Lokomotivbetrieb in ihrer Leistung durch elektrische Bahnen nicht überboten werden; dahingegen werden letztere vielfach mit Nutzen auf Strecken angelegt werden können, welche von Bahnen bisher nicht unmittelbar berührt wurden, und wenn hier für die elektrische Bahn ein eigener Unterbau ausserhalb bestehender Strassen gewählt wird, so lässt sich dagegen nichts erinnern.

Hoch- und Tiefbahnen können nur in Millionenstädten rentiren, auch für elektrische Bahnen auf besonderem Unterbau; wie z. B. in Jersey City bei New York, wird sich in der Nähe anderer Städte schwerlich sobald das Privatkapital anbieten, und es fragt sich daher, was soll geschehen, wenn eine für die Anlage einer elektrischen Bahn ins Auge gefasste Strasse wegen ihres schwachen Verkehrs, ihrer genügenden Breite u. s. w. dieselbe zulässig und lohnend erscheinen lässt? Wir wiederholen: Man baue das Gleis (Staat oder Stadt) selbst und weise auch die eigene Betriebsführung ebensowenig ab, wie man den Betrieb der eigentlichen Eisenbahnen, der Gasfabriken, Wasserleitungen u. s. w. ablehnt. Es kann sogar durch den eigenen Betrieb den Verkehrsinteressen weit besser entsprochen werden, als es Privatgesellschaften zu thun pflegen. Hier muss der Güterverkehr erwähnt werden, der erst in wenigen Städten — Forst i. L., Mülhausen im Elsass, Gera — auf den Stadtbahnen mit Dampf- und Elektrizitätsbetrieb neben dem Personenverkehr eingeführt worden ist, dagegen allgemein und selbst in den grössten Städten Deutschlands wie anderer Länder, trotz Bestehens von Pferdebahnen, auf dem Strassenpflaster bewirkt werden muss. Dass der Gütertransport im Innern der Städte besser auf Gleisbahnen als auf dem Steinpflaster vor sich gehen würde, wird Niemand verkennen, und es

würde mindestens die Mitbenutzung der vorhandenen Personenbahnen eventuell zur Nachtzeit von Vortheil sein.

Baut der Staat (oder die Gemeinden) die elektrischen Bahnen selbst, so braucht er (bezw. brauchen die Gemeinden) nicht auf lange Zeit eine Privatgesellschaft zu berechnen, zu ihrem Privatvortheil einen Bahnbetrieb auf einer öffentlichen Strasse einzuführen. Wird Verpachtung der eigenen Betriebsführung in einzelnen Fällen vorgezogen, so kann eine kurze Kündigungsfrist bedungen werden, und sobald es der Umfang des Gesamtverkehrs erfordert, kann man den Störungen durch den mechanischen Bahnbetrieb mittelst Hinausverlegung, Hoch- oder Tieflegung der Gleise abhelfen. Wir sind überzeugt, dass ebenso wie Eisenbahnen, Wasserleitungen u. s. w., die von Privaten angelegt waren, in den Besitz des Staates oder der Stadtgemeinde zum Vortheile der beteiligten Gesamtheiten durch Kauf übergegangen sind, im Laufe der Zeit auch zur Uebernahme der noch bestehenden sowohl, wie etwa neu zu schaffenden Privatanlagen für öffentliche Zwecke — wozu auch Strassenbahnen gehören — wird geschritten werden müssen.

Für die grösseren Städte erscheint die Uebernahme des Strassenbahnbetriebes von dem Augenblicke der Einführung elektrischer Zentralanlagen und damit des ermöglichten Wegfalles der schwierigen Unterhaltung eines grossen Pferdebestandes vortheilhaft und fast mit Sicherheit einträglich. Für den Staat als Besitzer des Eisenbahnnetzes handelt es sich darum, den Verlusten vorzubeugen, welche aus dem Uebergange eines grossen Theiles des Personen-Naheverkehrs grosser Städte auf elektrische Strassenbahnen ihm drohen. Dies kann am besten und für den Verkehr am zuträglichsten dadurch geschehen, dass der Staat die elektrischen Strassenbahnen ausserhalb der Städte selbst baut, deren Betrieb übernimmt und mit den daraus zu erwartenden Ueberschüssen die Ausfälle in den Einnahmen der bestehenden Eisenbahnlinien deckt.

Dass ausserdem unter Umständen eine Strassenbahn, möge sie nun mit elektrischem Strome, Dampf- oder einer anderen Elementarkraft betrieben werden, auch in abgelegenen Gegenden statt einer Eisenbahn auf eigenem Bahnkörper mit Vortheil und unter bedeutender Kostenersparung angelegt werden kann, ist nach den vorliegenden Erfahrungen nicht zu bezweifeln.

Literarische Besprechungen.

- 1) Karte der flössbaren und der schiffbaren Wasserstrassen des Deutschen Reiches, in 1:1000000, auf 4 Blättern.
Entworfen und gezeichnet von Victor Kurs.
- 2) Tabellarische Nachrichten über die flössbaren und die schiffbaren Wasserstrassen des Deutschen Reiches.
Bearbeitet von Victor Kurs.
Berlin (Kommissionsverlag von Siemenroth & Worms) 1894.

„Der grosse Aufschwung der Schifffahrt auf den deutschen Binnenwasserstrassen“ — so heisst es in dem Vorworte des 1893 erschienenen, im preussischen Ministerium der öffentlichen Arbeiten bearbeiteten Führers auf den deutschen Schifffahrts-Strassen — „hat den Wunsch nahe gelegt, eine Uebersicht über das weitverzweigte Netz dieser Strassen zu besitzen, welche dem Frachtführer sowohl wie dem Verfrachter zeigt, wie sie dasselbe am besten ausnutzen können.“ Der „Führer“ bezweckt, „dem Betriebe der Binnenschifffahrt im Reiche zu dienen und das allgemeine Interesse für dieselbe zu erhöhen“.

Soweit wir uns ein Urtheil darüber bilden können, erfüllt der „Führer“ die von ihm verfolgte Aufgabe aufs Beste. Das allgemeine Interesse wird aber, wie wir glauben, das zur Besprechung stehende Kurs'sche Werk in höherem Maasse wachrufen. Während nämlich der „Führer“, nur die schiffbaren Wasserstrassen behandelnd, von dem deutschen Wasserstrassennetze etwa 13500^{km} in den Kreis seiner Darstellungen zieht, hat Kurs seine Karten und Tabellen auf das gesammte deutsche Wasserstrassennetz ausgedehnt, indem er ausser den schiffbaren Binnenwasserstrassen (14939,37^{km}) die flössbaren und zum Flössen noch benutzten Wasserstrassen (5527,90^{km}), sowie die flössbaren, aber zur Flösserei nicht mehr benutzten Wasserstrassen (961,50^{km}) in Betracht gezogen hat. Kurs hat somit durch seine Zusammenstellungen die sehr bemerkenswerthe Thatsache an den Tag gefördert, dass im Deutschen Reiche im Ganzen 21428,77^{km} schiffbare und flössbare Binnen-Wasserstrassen vorhanden sind. Auch dadurch hat das Werk, um nur einen zweiten Punkt hervorzuheben, berechtigten Anspruch sich erworben, ausserhalb des engeren Kreises der Schifffahrt Treibenden Beachtung zu finden, dass in den Tabellen, soweit überhaupt diesbezügliche Angaben gemacht werden konnten, die Entstehungszeit der einzelnen Bauwerke angegeben worden ist, wodurch dem Kulturhistoriker, Volkswirth und vielleicht auch Verwaltungsbeamten manch' werthvoller Aufschluss gegeben werden kann.

Die in 1:1000000 gezeichnete Karte, welche in vier, jede für sich zu gebrauchende Sektionen eingetheilt

ist, bringt zum ersten Male in möglichster Vollständigkeit alle flössbaren und schiffbaren Wasserstrassen des Deutschen Reiches. Die Farben der Wasserstrassen lassen sofort erkennen, ob diese nur flössbar oder auch schiffbar sind und — in letzterem Falle — welche Leistungsfähigkeit sie haben, ob sie nämlich für Schiffe von 100, 100—150, 150—300, 300—400 und über 400^t Tragfähigkeit zu benutzen sind. Man kann also mit Einem Blicke übersehen, ob und wie man mit einem Fahrzeuge von bestimmter Tragfähigkeit von einer Wasserstrasse zu einer anderen gelangen kann. Auch das ist von Vortheil, dass das gesammte Eisenbahnnetz in genügender Deutlichkeit und Vollständigkeit eingetragen ist, wodurch die Wechselbeziehung zwischen den beiden ihrer Natur nach zur gegenseitigen Ergänzung bestimmten Verkehrsadern scharf hervortritt.

Die tabellarischen Nachrichten geben in vortrefflicher Uebersichtlichkeit fast jede nothwendige Auskunft über die einzelnen Wasserstrassen und die für Schiffe und Flüsse gestatteten Abmessungen. Von ganz besonderem Werthe scheinen uns die Höhenangaben der einzelnen Punkte der Wasserstrassen zu sein. Durch sie wird man in den Stand gesetzt, in der kürzesten Zeit das Längenprofil einer Wasserstrasse und ein Urtheil über die Ausführbarkeit von Entwürfen für Verbindungen einzelner Flüsse u. s. w. zu gewinnen.

Wir sind überzeugt, dass das mit erstaunlichem Fleisse und grosser Umsicht bearbeitete Werk nicht nur in den Kreisen der unmittelbar an der Binnenschifffahrt Betheiligten sich einbürgern wird, sondern dass es auch nicht ohne Nutzen von dem Ingenieur, dem Volkswirth, dem Militär, dem Gesetzgeber, dem Lehrer und Studirenden der Hochschule wird zur Hand genommen werden. Es ist in der That — zumal das Inhaltsverzeichniss eine Art Wasserstrassenlexikon bildet — im Verein mit der Karte ein Nachschlagewerk im besten Sinne des Wortes.

Die Preise des Werkes stellen sich wie folgt:

Tabellen mit Karten 25,00 *M*

„ ohne „ 15,00 „

4 Blatt Karten . . 12,50 „

Ausserdem sind auch die einzelnen Kartensektionen für sich zum Preise von 2,50 bis 5,25 *M* verkäuflich.

Engels.

J. C. Raschdorff, Professor der Architektur, Königl. Geh. Regierungs- und Baurath u. s. w. Rheinische Holz- und Fachwerksbauten des 16. und 17. Jahrhunderts. Herausgegeben von Prof. Otto Raschdorff. — Berlin (Verlag von Ernst Wasmuth) 1895.

Aus der Hand des Baukünstlers, dem die Schöpfung des neuen Domes in Berlin übertragen worden ist, werden der Architektenwelt Skizzenblätter dargeboten, die seit der Mitte der fünfziger Jahre auf Studienreisen entstanden, als Raschdorff noch die Stelle des Stadtbaumeisters von Köln bekleidete. Sie betreffen schlichte Bauwerke, für die namentlich damals wenig Auge und Empfänglichkeit vorhanden war und deren malerische Schönheit und volksthümliche Formensprache man doch jetzt mit Recht nicht nur eifrig studirt, sondern auch wieder ins Leben einführt und bei unseren modernen Villenbauten verwendet. Viele jener reizenden Motive sind seitdem im Original verloren gegangen, und schon aus diesem Grunde verdienen die vorliegenden 56 Blätter dankbare Aufnahme. Sie sind aber auch bei aller Anspruchslosigkeit so gefällig vorgetragen, dass mit der Freude am Gegenstande sich das Wohlgefallen am Bild als solches vereinigt. Nach unserem Erachten könnte man jungen Studirenden der Baukunst als Muster anschaulicher und gefälliger Aufnahmen nach der Natur kaum etwas Besseres vorlegen; denkt man dabei aber noch an unsere Baugewerkenschüler, und an den Nutzen, den sie hinsichtlich gesunder, volksthümlicher Bauweise vom Nachzeichnen dieser reizenden Fachwerksbauten für ihre eigene, künftige Thätigkeit ziehen können, so muss

die Anschaffung dieses Werkes den unteren Bauschulen dringend angerathen werden. Denn der Kenner unserer sächsischen Baureste ähnlicher Art gelangt bei einem Vergleiche mit der Raschdorff'schen Sammlung zu dem Bekenntniss, dass jene mit diesen rheinischen Zeugen früherer Zeit nicht in Konkurrenz treten können und wohl auch früher nicht treten konnten; unsere einheimischen Motive sind bald erschöpft, während die Raschdorff'schen Aufnahmen besonders in der Gestaltung der Dächer und in der Behandlung der Brüstungen manchen fruchtbaren Gedanken darbieten. Zumeist ist die gemeinsame Wurzel der sächsischen und der rheinischen Fachwerksbauten nicht zu verkennen und eine derartige Anleihe ist deshalb auch „stilistisch“ unbedenklich; es kommen bei den letzteren aber auch Motive vor (z. B. Blatt 51 aus Oberwesel), die merkwürdig an die Holzbaukunst der Alpenländer anklängen. — Der Inhalt des Werkes wird durch den Titel nicht vollständig gedeckt, denn Darstellungen aus Bamberg, Erfurt, Rothenburg, Segnitz, Miltenberg und Stadtprozelten sind keine Repräsentanten rheinischer Bauweise, und ferner sind der Sammlung auch einige Blätter des Herausgebers (Raschdorff jun.) einverleibt, wodurch ihr Werth übrigens nur erhöht wird. Die Wiedergabe durch Lithographie ist eine vorzügliche. O. Gr.

Personal-Nachrichten.

Verzeichniss der bei der Königlich Sächsischen Staatseisenbahnverwaltung bezüglich der technischen Baubeamten vorgekommenen Veränderungen.

Zu- und Vorname.	Zeitherige Funktion.	Veränderungen, Ordensverleihungen.
Dörstling, Ernst Clemens,	Regierungsbaumeister bei der Betriebs-Telegraphen-Oberinspektion.	Auf Ansuchen entlassen.
Bornemann, Friedrich Ernst,	—	Anstellung als Regierungsbaumeister bei der Bauinspektion Freiberg I.
Fickert, Emil,	Regierungsbaumeister.	Versetzung in gleicher Eigenschaft von der Bauinspektion Plauen i. V. an die Bauinspektion Schwarzenberg.
Trautmann, Richard Moritz,	desgl.	Desgl. vom Sektionsbureau III in Dresden an die Bezirksmaschinenmeisterei in Dresden.
Pressler, Karl Paul,	Finanzrath, Mitglied der Generaldirektion der Staatseisenbahnen.	Infolge Krankheit Versetzung in Wartegeld.
Stauss, Georg Ottomar Reinhold,	Regierungsbaumeister.	Versetzung in gleicher Eigenschaft von der Bauinspektion Leipzig I zur Bauinspektion Dresden-N. II.
Fleck, Karl Georg.	desgl. bei der Bauhauptverwaltung.	Auf Ansuchen entlassen.
Plagewitz, Karl Herm. Georg,	Regierungsbaumeister.	Versetzung in gleicher Eigenschaft von der Bauinspektion Dresden-N. II zur Bauhauptverwaltung.
Nobe, Leberecht Gustav Edmund,	Betriebsinspektor in Dresden-A., präd. Baurath.	Betriebsdirektor das.
Andrae, Karl Hermann,	Bauinspektor in Dresden-Altstadt.	Betriebsinspektor das.
Hartmann, Otto Rudolf,	Bauinspektor.	Versetzung in gleicher Eigenschaft von Altenburg I nach Dresden-Altstadt.
Thieme-Garmann, Arthur Robert,	desgl.	Desgl. von Flöha nach Altenburg I.

Zu- und Vorname.	Zeitherige Funktion.	Veränderungen, Ordensverleihungen.
Scheibe, Hermann Richard,	Bauinspektor.	Versetzung in gleicher Eigenschaft von Schönheide nach Flöha.
Hermann, Paul Richard,	präd. Bauinspektor in Cranzahl.	Ernennung zum etatmässigen Bauinspektor daselbst.
Cunradi, Edmund Amandus,	Regierungsbaumeister.	Versetzung von der Bezirks-Bauinspektion Dresden-N. an das Sektionsbureau Schönheide.
Bahse, Ernst Eduard,	desgl.	Versetzung in gleicher Eigenschaft vom Sektionsbureau I in Dresden zur Bezirks-Bauinspektion Dresden-N.
Müller, Karl Friedrich Richard,	desgl.	Desgl. vom Sektionsbureau II zu Dresden zum Sektionsbureau I in Dresden.
Larrass, Georg Karl Franz Benno,	Betriebsdirektor in Dresden-Altstadt.	Finanzrath und Mitglied der Generaldirektion der Staatseisenbahnen.
Anger, Johann Paul,	Regierungsbaumeister.	Versetzung in gleicher Eigenschaft von der Maschinen-Hauptverwaltung zur Maschinen-Oberinspektion.
Schmidt, Georg Richard,	Regierungsbauführer.	Ernennung zum Regierungsbaumeister bei der Maschinen-Hauptverwaltung.
Kluge, Karl Richard,	desgl.	Desgl. bei der Maschinen-Oberinspektion.

Dresden, am 4. Januar 1895.

Kanzlei des Königl. Sächs. Finanzministeriums, Abtheilung für Eisenbahnsachen.
Müller.

Zur Besprechung eingegangene Bücher.

Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft Berlin. Hilfsbuch zur Anfertigung von Projekten und Kostenanschlägen. — Bach, C., Prof. des Maschinen-Ingenieurwesens an der Kgl. Technischen Hochschule Stuttgart. Die Maschinen-Elemente. Ihre Berechnung und Konstruktion mit Rücksicht auf die neueren Versuche. Dritte ergänzte Auflage. Mit in den Text gedruckten Abbildungen und 45 Tafeln Zeichnungen. Stuttgart (J. G. Cotta) 1894. — Bišćan, Prof. Wilh., Elektriker. Die Dynamomaschine. Zum Selbststudium für Mechaniker, Installateure, Maschinenschlosser, Monteure u. s. w., sowie als Anleitung zur Anfertigung von Dynamomaschinen leicht fasslich dargestellt. Mit 95 Abbildungen und Konstruktionszeichnungen. Zweite vermehrte Auflage. Leipzig (Oskar Leiner). — Bišćan, Prof. Wilh., Konstruktionen für den praktischen Elektrotechniker, nach ausgeführten Maschinen, Apparaten, Vorrichtungen u. s. w. 2. Lieferung. Leipzig (Oskar Leiner). — Bišćan, Prof. Wilh., Elektriker. Die Bogenlampe. Physikalische Gesetze, Funktion, Bau und Konstruktion derselben; für Mechaniker, Installateure, Maschinenschlosser, Monteure u. s. w., sowie als Anleitung zur Anfertigung von Bogenlampen leicht fasslich dargestellt. Mit 74 Abbildungen und Konstruktionszeichnungen. Leipzig (Oskar Leiner). — Dümmler, K. Die Ziegel- und Thonwaaren-Industrie in den Vereinigten Staaten und auf der Columbus-Weltausstellung in Chicago 1893. Halle a. S. (Wilhelm Knapp) 1894. — Güldner, H. Kalender für Betriebsleitung und praktischen Maschinenbau. 3. Jahrg. In zwei Theilen. Dresden (Gerhard Kühtmann) 1895. — Haage, Cl., Obergeringieur des Sächs. Dampfkessel-Revisions-Vereins. Verhaltensregeln für Dampfkessel-Heizer, mit Erläuterungen. Chemnitz (Sächs. Dampfkessel-Revisions-Verein). — Holzmüller, Dr. Gustav. Methodisches Lehrbuch der Elementar-Mathematik. Erster Theil. nach Jahrgängen geordnet und bis zur Abschlussprüfung reichend. Mit 142 Figuren im Texte. Leipzig (B. G. Teubner) 1894. — Jasiński, M. Felix, Ingénieur des voies de communications. Recherches, sur la flexion des pîces comprimées. Extrait des Annales des ponts et chaussées. Paris (Vve Ch. Dunod & P. Vicq, Quai des Grands-Augustins) 1894. — Orlandi, Giuseppe. Tachometria. Corso pratico di topografia numerica. Sassari (Presso l'Autore) 1894. — Pataky, Hugo und Wilhelm. Die wichtigsten Bestimmungen aller Patentgesetze des In- und Auslandes. Dresden (Gerhard Kühtmann) 1895. — v. Rziha, Franz Ritter, Prof. a. d. K. K. Technischen Hochschule zu Wien. Das Problem der Wiener Wasserversorgung. Wien (A. Hartleben) 1894. — Raschdorff, J. C., Kgl. Geh. Regierungs- und Baurath. Rheinische

Holz- und Fachwerksbauten des XVI. und XVII. Jahrhunderts. Nach Originalzeichnungen herausgegeben. Berlin (Ernst Wasmuth) 1895. — Schmidt-Hennigker, Friedr. Elektrotechnikers literarisches Auskunftsbüchlein. Die Literatur der Elektrotechnik, Elektrizität, Elektrochemie, des Magnetismus, der Telegraphie, Telephonie und Blitzschutzvorrichtung der letzten zehn Jahre von 1884 bis 1893. Mit Schlagwortregister. Zweite vermehrte Auflage. Leipzig (Oskar Leiner) 1894. — Steiner, Friedr., dipl. Ingenieur, Prof. der Ingenieurwissenschaften an der K. K. deutschen Technischen Hochschule in Prag. Die Photographie im Dienste des Ingenieurs. Ein Lehrbuch der Photogrammetrie. Lieferung II und III. Mit 50 Textfiguren und 2 Tafeln. Wien (R. Lechner's K. und K. Hof- und Universitätsbuchhandlung) 1893. — Tetmajer, L., Prof. und Vorsteher der Anstalt zur Prüfung von Baumaterialien am schweizerischen Polytechnikum. Ueber das Verhalten der Thomasstahlschienen im Betriebe. Zürich (E. Speidel) 1894. — Derselbe, Resultate spezieller Untersuchungen auf dem Gebiete der hydraulischen Bindemittel. 7. Heft der Mittheilungen der Anstalt zur Prüfung von Baumaterialien am eidgenössischen Polytechnikum in Zürich. Zürich (Selbstverlag dieser Anstalt) 1894. — Thompson, Silvanus P., Direktor und Professor der Physik an der Technischen Hochschule der Stadt und Gilden von London. Der Elektromagnet. Deutsche Uebersetzung von C. Grawinkel. Mit dem Bildnisse des Verfassers und zahlreichen in den Text gedruckten Abbildungen. Halle a. S. (Wilhelm Knapp) 1894. — Uhland, Wilhelm Heinrich. Kalender für Maschineningenieure 1895. 21. Jahrg. In zwei Theilen. Dresden (Gerhard Kühtmann) 1895. — Unger, Theodor, Kgl. Baurath. Kommt der Krach? Ein offenes Wort über die Grundstücks- und Häuser-Bau-Spekulation in Hannover, als Beitrag zur Beleuchtung der Immobilien-Spekulation in grossen Städten. Hannover (Manz & Lange) 1894. — Willkomm, Prof. Gustav, Direktor der Wirkschule zu Limbach in Sachsen. Die Technologie der Wirkerei für technische Lehranstalten und zum Selbstunterrichte. Zweiter Theil, enthaltend die mechanische Wirkerei, die Herstellung der Formen gewirkter Gebrauchsgegenstände und das Nähen der Wirkwaren. Mit 16 lithographirten Tafeln in besonderer Mappe. Zweite Auflage. Leipzig (Arthur Felix) 1893. — „Profile.“ Sammlung von Tabellen zum Gebrauche bei der Querschnittsbestimmung eiserner Tragkonstruktionen. Berechnet und zusammengestellt von L. Geusen und J. Miliczek. Heft 1 und 2. Nürnberg (Selbstverlag) 1894.

I. Angelegenheiten des Vereins.

Fehlen.

II. Vorträge und Abhandlungen.

Die neuen Bahnhofsbauten in Dresden.

Im Auftrage des Königlich Sächsischen Finanzministeriums veröffentlicht

von

Baurath Otto Klette in Dresden.

(Hierzu Tafel II—VI.)

Im Jahre 1890 ist mit der Erbauung neuer und umfangreicher Bahnhofsanlagen in Dresden begonnen worden. Die neuen Anlagen, für welche eine zehnjährige Bauzeit vorgesehen ist, wurden seitdem wesentlich gefördert, und es ist, nachdem auch die Entwürfe für die noch nicht zur Ausführung gebrachten Bautheile feste Gestalt angenommen haben, angängig, nunmehr über den Gesamtentwurf und über die schon fertig gestellten Bauten einige Mittheilungen zu geben, denen sich mit dem Fortschreiten des Baues weitere anschliessen sollen.

Vor der Beschreibung der neuen Anlagen ist es erforderlich, denjenigen Zustand kurz zu schildern, welcher vor dem Baubeginn in Dresden bezüglich der hier vorhandenen Bahnhöfe bestand, und hieran einige Bemerkungen über die Art, die Grösse und das Wachstum des Eisenbahnverkehrs Dresdens zu knüpfen. Diese Verhältnisse waren vor der Aufstellung der Entwürfe eingehend erörtert worden; sie haben die Gestaltung derselben wesentlich beeinflusst.

Die früher vorhandenen Eisenbahnanlagen werden aus dem Uebersichtsplane auf Tafel II und dem Plane der Umgebung von Dresden, Tafel III, ersichtlich.

Alle anfänglich errichteten Bahnhöfe waren bei ihrer Erbauung dazu bestimmt, den Endpunkt einer Eisenbahnlinie zu bilden. Bereits vor 58 Jahren — 1837 — wurde mit der Errichtung des ersten dieser

Bahnhöfe, des Leipziger Bahnhofes in Dresden-Neustadt, begonnen; es wurde derselbe, wie die meisten übrigen Bahnhöfe, durch eine Aktiengesellschaft angelegt. Die Bahnhöfe wurden immer thunlichst nahe an das bebaute Stadtgebiet herangerückt; sie befinden sich daher, je nach ihrer Entstehungszeit, näher oder weiter vom Stadtmittelpunkte entfernt gelegen; die zuerst erbauten sind längst schon rings von bebauten Stadttheilen umgeben, was um so erklärlicher ist, da in der Umgebung der verkehrsreichen Bahnhöfe sich eine raschere Entwicklung der Stadt zeigte, als anderswo.

Ausser dem genannten Leipziger Bahnhofe in Dresden-Neustadt für die Linie Leipzig-Dresden wurden alsdann nacheinander erbaut:

Der Schlesische Bahnhof in Dresden-Neustadt, im Jahre 1847, für die Linie Görlitz-Dresden.

Der Böhmisches Bahnhof in Dresden-Altstadt, im Jahre 1851, für die Linie Bodenbach-Dresden; dieser Bahnhof ist von der Staatsregierung errichtet worden, welche die anschliessende Bodenbach-Dresdener Eisenbahnlinie ausführen liess.

Der Alberts-Bahnhof in Dresden-Altstadt, im Jahre 1855, für die Linie Tharandt-Dresden (Albertsbahn), und der

Berliner-Bahnhof in Dresden-Friedrichstadt, im Jahre 1875, für die Linie Berlin-Zossen-Dresden.

Die vorstehend genannten Eisenbahnlinien, soweit

sie durch Aktiengesellschaften erbaut worden waren, gingen nach und nach sämmtlich durch Ankauf in den Besitz des Sächsischen Staates, mindestens soweit diese Linien in Sachsen liegen, über. Der letzte Ankauf fand 1888 statt; von da ab konnte bei Entwurfsaufstellungen für einen Umbau der Dresdener Bahnhöfe mit dem Besitze aller Eisenbahnanlagen in einer Hand gerechnet werden, welcher Umstand für die einheitliche Gestaltung der Neubauten natürlich wesentliche Vortheile zu bieten vermochte.

Die zunächst als Endbahnhöfe angelegten fünf Verkehrsstellen hatten seit ihrer ersten Entstehung theilweise bereits Umgestaltungen erfahren. Im Jahre 1862 wurde die Dresden-Tharandter Linie auf Kosten des Staates bis Freiberg und im Jahre 1869 bis Chemnitz verlängert, 1868 die Privatbahn Dresden-Tharandt vom Staate angekauft und alsdann der Alberts-Bahnhof für den Personenverkehr ganz geschlossen, wobei der Personenverkehr in der Richtung von und nach Chemnitz auf dem Böhmischem Bahnhofe Abfertigung fand. Der Alberts-Bahnhof dient seit dem Jahre 1869 nur noch als Kohlenbahnhof.

Für die auf verschiedenen Elbufern befindlichen Bahnhöfe machte sich bald eine Verbindung erforderlich, namentlich um die direkten Beziehungen Leipzig-Bodenbach und Chemnitz-Görlitz zu erhalten. Im Jahre 1852 ist durch die Staatsregierung die Verbindungsbahn von Altstadt nach Neustadt fertiggestellt und dem Verkehre übergeben worden, welche eine zweigleisige Verbindung zwischen dem Böhmischem und dem Leipziger bez. Schlesischen Bahnhofe bewirkt und die Elbe mittelst einer, zugleich dem städtischen Strassenverkehr dienenden steinernen Brücke übersetzt.

Der Leipziger Bahnhof wurde im Jahre 1857, nach 20jährigem Bestehen, umgebaut und erhielt bezüglich seiner, dem Personenverkehre dienenden Anlagen diejenige Gestalt, welche er noch jetzt, nach 38jährigem Bestehen, unmittelbar vor seinem abermaligen Umbau, aufweist.

Der Schlesische Bahnhof hat nach seiner Erbauung im Jahre 1847 zwar mannichfache Erweiterungen erfahren, die Gestalt seiner Personenverkehrs-Anlagen ist aber heute noch dieselbe wie vor 48 Jahren.

Der Böhmische Bahnhof erhielt eine vollständige Umgestaltung behufs Einführung der Chemnitzer Linie im Jahre 1864.

Der Berliner Bahnhof endlich, der erst im Jahre 1874, und zwar nur mit einem interimistischen Empfangsgebäude aus Fachwerk, errichtet worden war, er-

litt bis zum Beginn der jetzigen Bahnhofsbauten Veränderungen nicht.

Auf jedem der ursprünglich erbauten Bahnhöfe befanden sich besondere Anlagen für den Güterverkehr; es haben sich diese auch allenthalben erhalten, nur wurden, entsprechend der Vereinigung der Anlagen für den Personenverkehr der beiden Linien Dresden-Bodenbach und Dresden-Chemnitz auf dem Böhmischem Bahnhofe, auch die Anlagen für den Güterverkehr dieser Linien vereinigt, und zwar als Güterbahnhof Dresden-Altstadt, welcher an der Chemnitzer Linie kurz vor deren Einmündung in den Böhmischem Bahnhof gelegen ist.

Hiernach bestanden in Dresden vor dem Beginne der grossen Umgestaltungen fünf Güterbahnhöfe: der Güterbahnhof in Dresden-Altstadt, der Kohlenbahnhof daselbst, der Güterbahnhof in Dresden-Friedrichstadt und die beiden Güterbahnhöfe in Dresden-Neustadt, auf dem Leipziger und dem Schlesischen Bahnhofe. Auf einem jeden dieser Bahnhöfe wurden die Güterzüge der anschliessenden Eisenbahnlinien behandelt: das für Dresden bestimmte Gut wurde den angekommenen Güterzügen entnommen, der verbleibende Theil des Zuges nach den übrigen Bahnhöfen übergeführt; zur Verladung gebrachtes Gut wurde mit dem, von den übrigen Bahnhöfen übergeführten Gute zusammengestellt, indem in der gebräuchlichen Weise die Güterwagen zu geordneten Güterzügen gebildet wurden.

Ausser den genannten fünf Güterbahnhöfen waren an beiden Elbufern noch Umschlagplätze vorhanden. Der Altstädter Packhof stand mit dem Kohlenbahnhofe, der Neustädter Packhof mit dem Leipziger Bahnhofe in Gleisverbindung. Bei dem Umschlage der Güter zwischen Schiff und Eisenbahnfahrzeug lagen die Elbzillen zumeist im freien Strome; ein grösserer Verkehrs- und zugleich Winterhafen fehlte in Dresden, wurde aber von den Schifffahrtsinteressenten und den Handelstreibenden sehnlichst herbeigewünscht.

Die vorstehend geschilderten Bahnhöfe Dresdens, im Verein mit der frühzeitig — im Jahre 1852 — geschaffenen Verbindungsbahn Dresden-Altstadt-Neustadt, die mit Recht als ein Stück Stadtbahn zu bezeichnen ist und sämmtlichen Bahnhöfen Anschluss bot, sind im Allgemeinen, namentlich im Vergleiche mit den Verhältnissen anderer Städte, als günstige Anlagen zu bezeichnen (Hamburg erhielt erst im Jahre 1865 eine Verbindung mit Altona, Berlin erst 1870 die Gürtelbahn). Die Lage der Bahnhöfe zu der sich immer mehr ausbreitenden Stadt ist eine vortheilhafte zu nennen,

denn es liegen die meisten Bahnhöfe nicht mehr denn etwa 1400 *m* vom Stadtmittelpunkte, als welcher der Schlossplatz gelten kann, entfernt, und es bildet der bebaute Theil der Stadt jetzt annähernd einen Kreis von 3000 *m* Halbmesser.

Mit der Zeit blieben indessen die Dresdener Bahnhöfe den an sie zu stellenden Ansprüchen nicht mehr gewachsen. Zunächst bildete die zweifache Anlage der Bahnhöfe in Neustadt (Leipziger und Schlesischer Bahnhof), zwischen denen ein direkter Uebergang von Personenwagen nur in beschränkter Weise stattfinden kann, für den Durchgangsverkehr der Linie Leipzig-Dresden-Görlitz eine grosse Erschwerniss; die Durchgangsreisenden sind dort zumeist gezwungen, den Weg von einem Bahnhofe zu dem anderen über öffentliche Strassen hinweg zu Fusse zurückzulegen, was selbstverständlich und namentlich in den Nachtstunden als lästig empfunden wird. Die ersten Entwürfe, welche für den Umbau der Bahnhöfe Dresdens aufgestellt wurden, behandelten daher die Zusammenlegung der beiden Neustädter Bahnhöfe; sie zeigten als Ergebniss zumeist das Bild einer Trennungsstation, bei welcher sich die Verbindungsbahn Dresden-Altstadt-Neustadt innerhalb des Bahnhofes selbst nach zwei Richtungen — nach Leipzig und nach Görlitz — spaltete, so dass der Uebergang der Reisenden von einem Bahnsteige nach dem anderen stattfinden konnte, ohne eine Strasse betreten zu müssen. Bei diesen Entwürfen liess sich indessen die erforderliche zweckmässige Vereinigung der beiden Neustädter Güterbahnhöfe nicht erreichen; auch ergab sich für den gemeinschaftlichen Personenbahnhof eine nur wenig günstige Form, da die örtlichen Verhältnisse dazu zwangen, die Bahnhofsgebäude zwischen die rasch auseinander laufenden Hauptgleise beider Verkehrsrichtungen zu legen, womit die Gebäude durch die Bahngleise von den städtischen Strassen getrennt wurden. Zur Ausführung eines dieser Entwürfe ist daher niemals geschritten worden.

Die Ursachen nun, welche dazu führten, vor etwa zehn Jahren den Umbau sämtlicher Bahnhöfe Dresdens ernstlich in Aussicht zu nehmen, waren vornehmlich zweierlei Art: 1) das Anwachsen der städtischen Einwohnerzahl und dementsprechend die grosse Steigerung des Personen- und Güterverkehrs auf den Bahnhöfen und 2) die Zunahme der Erschwernisse für den Eisenbahn- und Strassen-Verkehr, zufolge der innerhalb der Stadt in grosser Zahl vorhandenen Kreuzungen städtischer Strassen mit Bahngleisen in gleicher Höhenlage.

Hierzu ist das Folgende zu bemerken:

Als sich im Jahre 1834 die „Leipzig-Dresdener Eisenbahn-Kompagnie“ bildete, welche die erste Lokomotivbahn Sachsens und, abgesehen von der Strecke Nürnberg-Fürth, die erste Lokomotivbahn Deutschlands ins Leben rief, betrug die Einwohnerzahl der Haupt- und Residenzstadt Dresden 71631. Diese Zahl ist alsdann gestiegen wie folgt:

1844:	87 141	Einw.,	also	Zunahme	in 10 Jahren:	15 510
1854:	106 691	„	„	„	„	19 550
1864:	143 181	„	„	„	„	36 490
1874:	189 885	„	„	„	„	46 704
1884:	243 874	„	„	„	„	53 989
1894:	316 660	„	„	„	„	72 786

Die Zunahme innerhalb der letzten zehn Jahre übersteigt die ganze Einwohnerzahl der Stadt vor 60 Jahren; innerhalb eines Zeitraumes von 60 Jahren hat sich die Einwohnerzahl auf das 4 $\frac{1}{2}$ fache erhöht, und nur zum geringsten Theile durch die Eingemeindung von Vororten.

Die Zunahme des Eisenbahnverkehrs Dresdens ist zu spalten in die des Personen- und Güterverkehrs. Betreffs beider Verkehrsarten finden sich in den „Statistischen Berichten über den Betrieb der Sächsischen Staatseisenbahnen, herausgegeben alljährlich vom Königl. Sächsischen Finanzministerium“, ausführliche und zuverlässige Unterlagen niedergelegt. Es ist angängig, an der Hand dieser Berichte nicht nur die Entwicklung des Verkehrs auf den Bahnhöfen Dresdens zu verfolgen und den Einfluss zu bestimmen, welchen die der Stadt zunächst gelegenen Orte auf diesen Verkehr ausüben, sondern auch das Verhältniss kennen zu lernen, welches zwischen der Zahl der, durch die Bahnhöfe Dresdens alljährlich gehenden Reisenden und der jeweiligen Einwohnerzahl besteht. Während in weiter zurückliegenden Zeiten die Erbauung der Hauptbahnen eine rasche Entwicklung des Eisenbahnverkehrs hervorbrachte, ist seit der Vollendung derselben die Verkehrssteigerung eine gleichmässiger geworden und allerorten erkennbar in ein bestimmtes Abhängigkeitsverhältniss zur Bevölkerungszahl getreten, das berechnete Schlüsse auch auf die in Zukunft zu erwartenden Verkehrsgrössen zulässt.

Als Unterlagen für die Beurtheilung des Personenverkehrs Dresdens dienen die Zahlen der alljährlich abgereisten Personen, sowie die Einnahme aus den hierbei verkauften Fahrkarten. Aus beiden Zahlen findet sich die durchschnittliche Einnahme von einer Person. Das Ergebniss der bewirkten Zusammenstellungen ist in der Textfigur 1 enthalten.



Fig. 1.

Beispielsweise betrug die Zahl der abgereisten Personen, die Einnahme im Ganzen und die durchschnittliche: im Jahre

1853:	451 232 Personen	=	1 019 497 M.	1 Pers.	=	2,26 M.
1863:	937 576	„	=	1 549 398 „	„	= 1,65 „
1873:	2 153 473	„	=	3 041 436 „	„	= 1,46 „
1883:	2 392 135	„	=	3 013 874 „	„	= 1,26 „
1893:	4 609 248	„	=	4 657 702 „	„	= 1,01 „

Hervorzuheben ist dabei Folgendes: Nach dem Jahre 1870 ist, den allgemeinen wirtschaftlichen Verhältnissen entsprechend, ein rasches Aufsteigen der Beförderungszahl und der Einnahmen zu bemerken, das namentlich beim Jahre 1873 zum Ausdrucke kommt. Dem Rückschlage, der alsdann eintrat und bis zum Jahre 1879 andauerte, ist später eine stetige Zunahme gefolgt, die z. Z. so gross ist, dass sich die Personenzahl innerhalb zehn Jahren verdoppelt.

Die Einnahmen aus dem Personenverkehre steigen nicht wie die Beförderungszahlen; es sinkt vielmehr die

durchschnittliche Einnahme, und zwar so sehr, dass die auf eine Person berechnete nach einem Zeitraume von 40 Jahren nicht einmal mehr die Hälfte beträgt.

Die Ursache des Zurückgehens dieser Zahl liegt natürlich in der Zunahme kürzerer Reisen, d. i. der Reisen zwischen Dresden und den nächstgelegenen Orten.

Anders gestaltet sich der Vergleich der Zahl der Reisen mit der jeweiligen Einwohnerzahl Dresdens, wie die Textfigur 2 erkennen lässt.

Es ergaben sich, auf den Einwohner berechnet, im Jahre 1853: 4,3 Reisen, für 1863: 6,8, für 1873: 11,6, für 1883: 10,8 und für 1893: 15,7 Reisen. Die Steigerung der Reisezahle ist also eine anhaltende und es erscheint der Schluss berechtigt, dass eine Steigerung auch während der kommenden Jahre stattfinden wird.

Um nun den für die Gestaltung der Bahnhofsanlagen wichtigen Einfluss kennen zu lernen, den die Dresden zunächst gelegenen Ortschaften auf den Eisenbahnverkehr ausüben, wurden Ermittlungen angestellt,

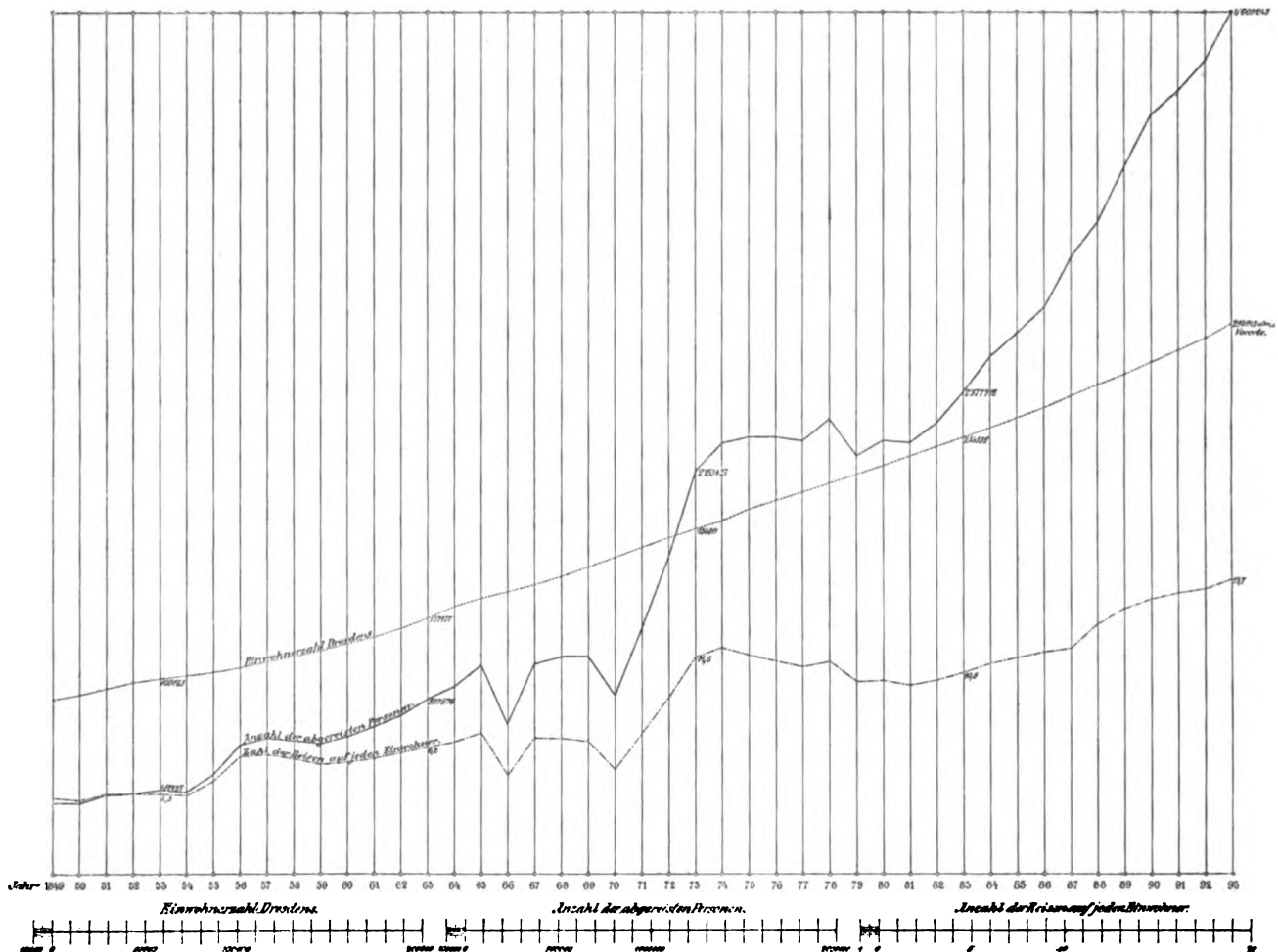


Fig. 2.

welcher Theil des Gesamtverkehrs Dresdens ausschliesslich mit den in einem Abstände bis zu 20 km von Dresden gelegenen Orten bewirkt wird, und umgekehrt, welchen Antheil die Stadt Dresden an dem Eisenbahnverkehre dieser Orte hat. Es hat sich dabei ergeben, dass der überwiegende Theil des Personenverkehrs Dresdens nur mit diesen nahe gelegenen Orten und dass der Eisenbahnverkehr dieser Orte fast nur mit Dresden stattfindet. Als Beispiele mögen die in der Nähe Dresdens gelegenen beiden Orte Radebeul (an der Leipziger Linie) und Potschappel (an der Chemnitzer Linie) betrachtet werden. Im Jahre 1892 betrug der gesammte Personenverkehr der Station Radebeul (Abgang und Ankunft) 741 624 Personen, der Station Potschappel 785 451 Personen. Von den ersteren fuhren allein zwischen Radebeul und Dresden-Neustadt 635 271, von den letzteren allein zwischen Potschappel und Dresden - Altstadt 599 482 Personen; der Verkehr der

beiden Vororte mit den anderen Bahnhöfen Dresdens ist in diesen Zahlen noch gar nicht mit enthalten.

Im Allgemeinen ist folgendes Ergebniss erlangt worden:

Von 6 777 085 Reisenden, welche im Jahre 1888 auf den Bahnhöfen Dresdens ankamen und von denselben abreisten, sind 3 925 516 Personen innerhalb des angegebenen Kreises von 20 km Halbmesser geblieben, also im Vorortbezirke Dresdens gereist, während nur 2 851 559 Personen diesen Kreis überschritten. In den Jahren 1877 bis 1888 betrug das Wachsthum des Vorortverkehrs 63 %, das des Fernverkehrs 37 %. In denselben Jahren sind auf den Eisenbahnlinien innerhalb des Vorortkreises 5 646 945 Personen jährlich durchschnittlich gefahren; von diesen haben 5 161 057 Personen die Bahnhöfe Dresdens benutzt. Auf sämtlichen Staatsbahnlinien Sachsens wurden aber in dem genannten Zeitraume jährlich durchschnittlich 21 349 959 Personen be-

fördert, so dass mehr als ein Viertel derselben auf den Verkehr in und um Dresden entfällt und nahezu ein Viertel des Gesamtverkehrs Sachsens durch die Bahnhöfe Dresdens gegangen ist.

In ähnlicher Weise, wie der Personenverkehr, hat auch der Güterverkehr Dresdens zugenommen, wie dies die Textfigur 3 erkennen lässt, welche mit ihren Darstellungen bis auf das Jahr 1876 zurückgreift, in welchem der Ankauf der Hauptbahnen durch den Staat in der Hauptsache abgeschlossen war.

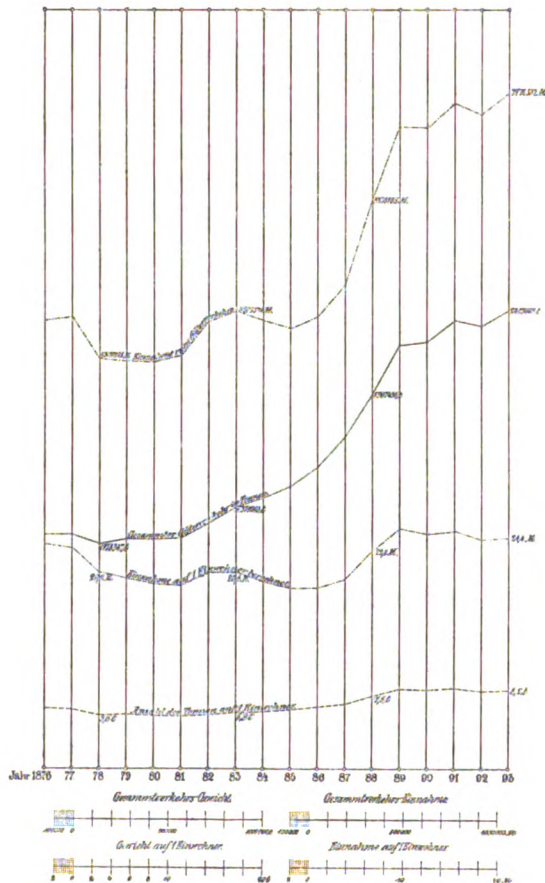


Fig. 3.

Die Zahl der beförderten Gütergewichte (Ankunft und Abgang zusammengenommen), die Einnahme aus der Beförderung und die Zahl der daraus auf jeden Einwohner der Stadt durchschnittlich entfallenden Gewichte haben betragen:

1878: 1173347 T = 4309273 $\mathcal{M}$, 1 E.: 5,6 T = 20,6 $\mathcal{M}$
 1883: 1371063 T = 4803526 „ „ 5,9 T = 20,6 „
 1888: 1967456 T = 5958185 „ „ 7,5 T = 22,8 „
 1893: 2419669 T = 7174337 „ „ 8,2 T = 24,4 „

Innerhalb des Zeitraumes von 1878 bis 1893, d. i. innerhalb 15 Jahren, hat sich sonach der Güter-

verkehr Dresdens um 106 % vermehrt, die Einnahme aus demselben hat um 66 % zugenommen; das auf den Einwohner entfallende Transportgewicht und die Einnahme aus diesen Transporten sind weniger veränderlich als die Zahlen der Personenbeförderung.

Die vorstehenden Angaben über den Eisenbahnverkehr Dresdens lassen zur Genüge erkennen, in welchem raschem Wachstume derselbe begriffen ist. Die für einen weit geringeren Verkehr errichteten Bahnhöfe waren begreiflicherweise schon seit Jahren kaum mehr im Stande, den an sie, namentlich betreffs der Sicherheit und Pünktlichkeit des Betriebes zu stellenden Anforderungen zu genügen. Nur mit der äussersten Anstrengung ist es dem Betriebspersonale bisher möglich gewesen, zu Zeiten starken Verkehrs, wie namentlich an Sonn- und Festtagen des Sommerhalbjahres, den Betrieb ohne grosse Verschleppungen durchzuführen. Dass der immer wachsende Eisenbahnverkehr auch zu verstärkten Hemmnissen für den gleichfalls zunehmenden städtischen Strassenverkehr führen musste, ist in Hinsicht auf die schon erwähnte grosse Anzahl von Schienenübergängen offenbar, ebenso, dass die sich immer ausbreitende Stadt mehr und mehr nach neuen Uebergängen über die Bahngleise verlangte, deren Errichtung ohne tief einschneidende Aenderungen der Gleisanlagen um deswillen unmöglich war, weil neue Schienenübergänge, mit gleicher Höhenlage von Schiene und Strasse nicht mehr gestattet wurden.

Die vorstehenden Verkehrszahlen lassen aber auch erkennen, dass die Zunahme zum grössten Theile der raschen Entwicklung des Vorortverkehrs zuzuschreiben ist. In der That bietet die Schönheit der Umgebung Dresdens, neben den billigeren Wohnungsverhältnissen daselbst, besonderen Anlass für Viele, während des Sommerhalbjahres oder auch während des ganzen Jahres Wohnung in den Vororten zu nehmen und in der Stadt dem Erwerbe nachzugehen. Oberhalb und unterhalb der Stadt haben sich viele Villenorte, wie Niedersedlitz, Loschwitz, Blasewitz, Radebeul, Kötzschenbroda u. s. f., rasch entwickelt; das Thal der Weisseritz, an deren Mündung in die Elbe Dresden gelegen ist, besitzt in den Ortschaften Potschappel, Hainsberg, Tharandt gleichfalls stark bevölkerte Verkehrsplätze, die einen regen täglichen Verkehr mit Dresden unterhalten. Auf dem rechten Elbufer dehnt sich, dicht an der Stadt beginnend, auf den Anhöhen ein grosser Nadelwald aus, der Erholungs- und Ruhebedürftigen trefflichen Aufenthalt bietet und Anlass zum raschen Anwachsen der Orte Klotzsche, Langebrück und Radeberg gegeben hat. Als Beispiel

einer solchen raschen Verkehrsentwicklung mag die Station Klotzsche, 3 km von Dresden-Neustadt gelegen, dienen: Im Jahre 1877 betrug der Personenverkehr hier 39746 Personen, dagegen 15 Jahre später, im Jahre 1892, 379493 Personen; der Eisenbahn-Personenverkehr hat sich also hier in 15 Jahren nahezu verzehnfacht.

Auf ein fortgesetzt starkes ferneres Anwachsen des Vorortverkehrs kann mit Bestimmtheit gerechnet werden. Wenn auch in neuester Zeit die elektrischen Strassenbahnen dazu berufen zu sein scheinen, eine günstige Verbindung zwischen Vorort und Stadt herzustellen, und zwar zufolge einer grösseren Fahrgeschwindigkeit gegenüber anderen Strassenfuhrwerken und zufolge ihres tiefen Eindringens in die bebauten Theile der Vororte und der Städte, so wird dennoch der Verkehr auf Eisenbahnen mit eigenem Wege, gleichviel ob die Dampf- oder die elektrische Spannung als Triebkraft benutzt wird, nicht vermindert werden, sondern weiter zunehmen, und zwar zufolge der noch grösseren Geschwindigkeit, welche die Fahrzeuge auf der Bahn mit eigenem Wege annehmen können und wodurch die Reisenden in noch kürzerer Zeit Beförderung finden.

Eine wesentliche Bedingung hierbei bildet freilich eine günstige Lage der Bahnhöfe zur Stadt. Ein einziger Bahnhof, am Rande einer Grossstadt gelegen, wird den berechtigten Ansprüchen der Reisenden auf eine schnelle Zugängigkeit nach und von allen Theilen der Stadt nie genügen können. Es wird ein grosses System von Strassenbahnen nöthig sein, den Verkehr zwischen dem Bahnhofe und der Stadt zu übernehmen. Die Geschwindigkeit dieser Strassenbahnen, und wären es elektrische, wird bei grossen Entfernungen nicht genügen können, die Vermittelung rasch genug zu bewirken, denn es würden sich dann Geschwindigkeiten von mehr als 20 km in der Stunde erforderlich machen, welche auf den städtischen bebauten Strassen, um der eintretenden Gefahren für den übrigen Strassenverkehr willen, unzulässig sind.

Die Lage der alten Bahnhöfe in Dresden ist nun, wie schon bemerkt, eine hervorragend günstige für die weitere Entwicklung des Vorortverkehrs: es bleibt, bei Benutzung der Lage der ursprünglich erbauten Bahnhöfe auch für die neuen Bahnhöfe, nur übrig, noch einzelne Knoten in die vorhandenen Linien als neue Vorortzugstationen einzuknüpfen, um eine vortheilhafte Stadtbahn zu erhalten.

Auf eine erspriessliche Weiterentwicklung des Vorortverkehrs Dresdens darf daher dann mit Bestimmtheit gerechnet werden, wenn behufs Ueberbietung der Lei-

stungen der elektrischen Strassenbahnen und zur möglichsten Befriedigung der ganz berechtigten Ansprüche der Vorortreisenden der Betrieb der Vorortzüge mit grosser Geschwindigkeit (40 km) und mit rascher Zugfolge (Pendelverkehr, unabhängig vom Fernverkehr) eingerichtet wird. Beispiele hierfür sind vorhanden, es sei nur an die vortrefflichen Einrichtungen der Stadtbahn in Berlin erinnert.

Die vorstehend geschilderten Einrichtungen der bestehenden Bahnhöfe Dresdens und die genannten Bedürfnisse, welche von dem Eisenbahnbetriebe künftig zu befriedigen sein werden, liessen beim Eintritte in die Entwurfsplanungen neuer Bahnhöfe bald erkennen, dass sich eine vollständige Umgestaltung der bestehenden Anlagen, wenschon auf dem nämlichen Platze, nöthig machen würde. Der in den Jahren 1888, 1889 aufgestellte Plan für eine, den Bedürfnissen der nächsten Jahrzehnte Rechnung tragende Gestaltung der Bahnhöfe Dresdens, welcher sich seit dem Jahre 1890 in der Ausführung befindet, ist auf dem Uebersichtsblatte, Tafel II, sowie — unter Berücksichtigung einiger bei den speziellen Vorarbeiten vorgenommenen Abänderungen — auf dem Stadtplane, Tafel IV, dargestellt, während Tafel III die vor dem Beginne des Umbaues vorhandenen Verhältnisse darstellt. Der neue Plan wurde als ein einheitlicher Entwurf für das ganze Stadtgebiet behandelt und nach folgenden **Grundsätzen** bearbeitet:

1. Innerhalb der Stadt oder, wenn mehrere Eisenbahnlinien dieselben Gleise benutzen, noch vor derselben findet eine vollkommene Trennung des Personenverkehrs vom Güterverkehr dadurch statt, dass beide Verkehrsarten auf besonderen Gleisen sich künftig bewegen. Es ist demnach innerhalb des Stadtgebietes jede Eisenbahnlinie viergleisig auszubauen, einschliesslich der Strecke über die Elbe. Auf dem Stadtplane, Tafel IV, sind die Personenzugsgleise und die dem Personenverkehre dienenden Anlagen mit rother Farbe, die dem Güterverkehre dienenden Gleise und Anlagen mit blauer Farbe angegeben. Es wurde bestimmt, dass der Personenverkehr immer die innere, der Güterverkehr immer die äussere Stadtseite benutzt.

2. Es ist ein Personenhauptbahnhof zu errichten, auf dem alle Personenzüge ein- und ausfahren und auf dem die Umstellung von Durchgangswagen, die Zusammenstellung der Personenzüge, die Behandlung der Postwagen u. s. f. stattfindet. Als Platz für diesen Personenhauptbahnhof wurde der Böhmische Bahnhof in Dresden-Altstadt ausersehen.

3. Es wird ein gemeinsamer Rangirbahnhof

für alle Güterzugslinien erbaut, auf welchem das Umrangiren der angekommenen Güterzüge und das Zusammenstellen der von Dresden auslaufenden Güterzüge vorgenommen wird.

4. Auf dem rechten Elbufer wird der Schlesische Bahnhof, mit Hilfe einer Verlegung der Leipziger Personenzugsgleise auf der Strecke von Pieschen bis zum Bischofswege, zu einem Neustädter Personenbahnhofe, als Zwischenbahnhof für Personenzüge, ausgebaut.

5. Die Personenzüge der Linie Dresden-Elsterwerda-Berlin werden, um sie die eigentliche Stadtbahnstrecke mit durchlaufen zu lassen, bei Coswig mit auf die Gleise der Leipziger Linie genommen und wie diese auf dem rechten Elbufer nach dem neuen Neustädter Personenbahnhofe und von da über die Elbe nach dem Hauptbahnhofe in Dresden-Altstadt geführt.

6. Die Güterzüge der Leipziger und Berliner Linien werden auf der Linie Dresden-Elsterwerda-Berlin, um sie von der eigentlichen Stadtbahnstrecke fern zu halten, von Coswig aus über die Elbe und auf dem linken Elbufer direkt nach Dresden-Friedrichstadt geführt, woselbst sich der unter 3. genannte Rangirbahnhof befindet.

7. Der Leipziger Bahnhof wird zum Neustädter Lokalgüterbahnhofe ausgebaut und mit dem Rangirbahnhofe in Dresden-Friedrichstadt durch besondere Gütergleise verbunden.

8. Der Güterbahnhof Dresden-Altstadt behält seine Lage und Gestalt und wird ebenfalls mit dem Rangirbahnhofe durch Gütergleise verbunden.

9. In der Mitte zwischen dem Personenhauptbahnhofe in Dresden-Altstadt und dem Personenbahnhofe in Dresden-Neustadt wird eine neue Haltestelle für Vorortzüge, in der Nähe der Wettinerstrasse, errichtet.

10. Weitere Haltestellen für den Vorortverkehr werden in Aussicht genommen für Dresden-Strehlen, für Pieschen und für einige andere, Dresden nahe gelegene Ortschaften.

11. Alle Kreuzungen zwischen Bahngleisen und öffentlichen Strassen sind in verschiedener Höhenlage anzuordnen; ausgeschlossen hiervon können einzelne, nur selten benutzte Zuführungsgleise bleiben.

12. Insoweit bei den Neuanlagen Kreuzungen einzelner Bahnlinien untereinander eintreten, sind auch diese, wenn irgend thunlich, in verschiedenen Höhen anzulegen.

Zu diesen Grundsätzen ist im Einzelnen Folgendes anzuschliessen:

Bei der Wahl des Platzes für den Personenhaupt-

bahnhof unter 2. war zeitweilig die Stelle in Aussicht genommen worden, auf welche die unter 9. vorstehend benannte Haltestelle „Wettinerstrasse“ errichtet werden wird, und zwar, weil alsdann der Kopfbetrieb der Verbindung Chemnitz-Dresden-Görlitz, welcher auf dem Böhmischem Bahnhofe jetzt stattfinden muss, umgangen werden konnte. Bei weiterer Erwägung ist indessen doch der Platz des Böhmischem Bahnhofes für den Personenhauptbahnhof gewählt worden, weil der Böhmischem Bahnhof bereits jetzt der am meisten benutzte Bahnhof Dresdens ist und er sich zur Anlage eines Hauptbahnhofes ganz wohl eignet, weil ferner durch die Anlage des Hauptbahnhofes an der Wettinerstrasse die Länge der Stadtbahnstrecke, welche alle Züge zu durchlaufen haben, wesentlich vermindert worden wäre, und weil endlich die Schwierigkeit des Kopfbetriebes sich durch eine ungleiche Höhenlage der sich jetzt in Schienenhöhe kreuzenden Gleise der einzelnen Linien zumeist umgehen lässt, im Uebrigen aber die Kopfanlage eines Bahnhofes für den Verkehr der Reisenden grosse Vorzüge zu bieten vermag.

Es besteht hiernach der Personenhauptbahnhof Dresden aus der Vereinigung einer Durchgangsstation (für die Linien Tetschen und Bodenbach-Dresden-Leipzig und Berlin) mit einer Kopfstation (für die Linie Chemnitz-Dresden-Görlitz und die in Dresden endenden Linien). Auf Tafel V ist das Schema der wesentlichsten Zugsläufe auf dem neuen Bahnhofe zur Darstellung gebracht. Da innerhalb der Strecke vom Hauptbahnhofe in Altstadt bis zum Personenbahnhofe in Neustadt alle Personenzüge dieselben Gleise benutzen, so wurden vor dem Hauptbahnhofe die beiden Personengleise der Bodenbacher Linie auseinander gezogen und die Kopfgleise der übrigen Linien dazwischen gelegt, womit Kreuzungen bei der Ausfahrt nach Neustadt vermieden werden konnten. Und da endlich auf der westlichen Seite des Böhmischem Bahnhofes Kreuzungen städtischer Strassen durch Schienengleise in gleicher Höhenlage sich nicht vorfinden, so war es thunlich, die Kopfstation innerhalb des Bahnhofes in der bisherigen Höhenlage zu belassen und nur die Durchgangslinie zu heben. Diese Hebung muss mindestens 4,5 m betragen, weil die städtischen Strassen, welche unter den Bahngleisen hindurch zu führen sind, sich, der bereits bis dicht an den Bahnkörper reichenden Bebauung wegen, nicht erheblich senken lassen. Bei der Einfahrt in den Personenhauptbahnhof von Westen her liegen künftig die Gleise der Durchgangslinien Leipzig, Berlin-Dresden-Bodenbach, Tetschen über den gesenkten Gleisen der Linie Chemnitz-

Dresden, so dass der Betrieb auf beiden Gleisgruppen ein unabhängiger ist.

Auf dem Personenhauptbahnhof selbst befinden sich nach Vorstehendem die Gleise in verschiedener Höhe gelegen: In der Mitte die Gleise der Kopfstation in Höhe der den Bahnhof umgebenden Strassen und auf beiden Seiten die Gleise der Durchgangsstation, getrennt nach den Fahrtrichtungen, etwa 4,5 m höher gelegen als die Mittelgleise. Die entstehenden Verhältnisse erläutert der Schnitt durch die Bahnsteighallen auf Tafel V.

Als ein günstiges Moment für diese Höhengestaltung ist nebenbei anzuführen, dass die Einfahrt in den Böhmisches Bahnhof von Westen her bisher mittelst einer Fallstrecke (1:156) erfolgte. An der künftigen Kreuzungsstelle der Durchgangslinie Bodenbach, Tetschen-Dresden-Leipzig, Berlin mit den gesenkten Gleisen der Linie Chemnitz-Dresden lagen die Bahngleise schon vor dem Umbau 3 m höher als auf dem Böhmisches Bahnhofe. Es brauchen also die Chemnitzer Gleise nur 3 m tiefer als die jetzigen des Böhmisches Bahnhofes gelegt zu werden, um, wenn die Gleise der Durchgangslinie an dieser Stelle in der alten Höhe belassen bleiben, hier 6 m Höhenunterschied zwischen den Gleisen der verschiedenen Linien zu erlangen und damit eine Unterführung der Chemnitzer Gleise unter denen der Durchgangslinie Bodenbach, Tetschen-Dresden-Leipzig, Berlin, zu ermöglichen.

Die vorstehenden Angaben über den Personenhauptbahnhof Dresden sind etwas ausführlich gegeben worden, weil die Anordnung von Bahnhofsgleisen, welche in verschiedenen Höhen liegen, unseres Wissens in dieser Weise zum ersten Male zur Anwendung kommt.

Die örtlichen Verhältnisse des Personenhauptbahnhofes gestatten nicht — wie dies inmitten grosser Städte zumeist der Fall sein dürfte — auf dem Bahnhofe selbst Abstellgleise in genügender Anzahl anzulegen. Es ist deshalb in einiger Entfernung vom Hauptbahnhofe, und zwar dort, wo bisher die Rangiranlagen des Altstädter Güterbahnhofes sich befanden, ein besonderer „Abstellbahnhof“ in der Erbauung begriffen, welcher, ähnlich wie der „Betriebsbahnhof“ in Köln a. Rh., dazu bestimmt ist, die für den Personenzugsverkehr Dresdens nöthigen Nebenanlagen aufzunehmen. Auf dem Abstellbahnhofe wird also besorgt werden: das Zusammenstellen, Reinigen, Anheizen und Beleuchten der Züge, der Postpaketverkehr, die Eilgutbeförderung u. dergl. In unmittelbarer Nähe des Abstellbahnhofes befinden sich die Heizhäuser für die Personenzugsmaschinen. Mit dem Hauptbahnhofe steht der Abstellbahnhof durch fünf

Civilingenieur XLI.

besondere Gleise in Verbindung, so dass die Personenzugs-Hauptgleise bei den Fahrten von und nach dem Abstellbahnhofe nicht beansprucht werden. Die in Dresden beginnenden oder endenden Personenzugsläufe benutzen den Abstellbahnhof als Ausgangs-, beziehentlich Endpunkt. Hiermit erhält der Personenhauptbahnhof auch den Charakter einer Durchgangsstation für alle Zugsläufe, wie ihn ebenso die übrigen Personenbahnhöfe Dresdens besitzen.

Die Personenbahnhöfe Dresden-Neustadt und „Haltestelle Wettinerstrasse“ zeigen im Allgemeinen die Anordnung der Bahnhöfe „Friedrichstrasse“ und „Alexanderplatz“ der Berliner Stadtbahn. Die Gleise und Bahnsteige liegen etwa 6 m über den die Bahnhöfe umgebenden Strassen. Die Eingänge, Fahrkartenausgaben, Gepäckannahmen, Wartesäle und Betriebsräume befinden sich unter den Gleisen und Bahnsteigen, also in Strassenhöhe gelegen; der Zugang zu den Bahnsteigen wird durch Treppen vermittelt. Da die speziellen Entwürfe für diese Bahnhöfe z. Z. noch nicht vollständig feststehen, kann eine Mittheilung der Gleispläne noch nicht stattfinden.

An Stelle der vier Rangirbahnhöfe für Güterzüge, welche bisher bestanden haben und auf denen die Güterwagen umgestellt wurden, tritt künftig ein mit einem Werkstättenbahnhofe verbundener gemeinsamer Rangirbahnhof. Derselbe ist in Dresden-Friedrichstadt gelegen, sein Gleisplan ist auf Tafel VI zur Darstellung gebracht. In diesen Rangirbahnhof laufen sämtliche von auswärts oder von den Lokalgüterbahnhöfen Dresdens ankommende Güterzüge ein. Durchfahren die Güterzüge, welche von auswärts kommen, auf ihrer Fahrt nach dem gemeinsamen Rangirbahnhofe einen Lokalgüterbahnhof, so können zur rascheren Beförderung der für letzteren bestimmten Wagen diese bei der Durchfahrt den Güterzügen entnommen werden; es gelangt dann nur derjenige Theil des Zuges nach dem Rangirbahnhofe, welcher Wagen für andere Bahnhöfe Dresdens oder Durchgangswagen enthält. Ohne einen grossen Aufenthalt für letztere Wagen wird den meisten für die Lokalgüterbahnhöfe Dresdens bestimmten Wagen hiermit jeder Zeitverlust in der Beförderung, also der Weg nach und von dem Rangirbahnhofe, erspart. Für die Einfahrt der Güterzüge auf dem Rangirbahnhofe ist eine Gruppe von 16 Einfahrtsgleisen vorgesehen, welche, da die Güterzüge bis zu 150 Achsen führen, sämtlich mehr als 600 m lang sind; von den 16 Gleisen sind zunächst nur 11 zur Ausführung gekommen. Die Eimmündung der verschiedenen Bahnlinien in die Gruppe

der Einfahrtsgleise erfolgt nahezu unabhängig von einander, so dass gleichzeitig vier Güterzüge einfahren können. Auf dem beigegeführten Plane des Rangirbahnhofs sind die Einfahrtsgleise mit den Zahlen V bis XVI bezeichnet. Das Gleis XVII ist ein Maschinengleis, welches vornehmlich zur Fahrt angekommener Maschinen nach den Heizhäusern dient.

Nach Ankunft eines Güterzuges verlassen denselben die Zugmaschine und das Zugpersonal. Die Zugspapiere gelangen nach einem an der Waltherstrasse gelegenen Verwaltungsgebäude, woselbst sie nach den Bestimmungsorten der Wagen sortirt werden. An die angekommenen Wagen werden nach dem Ausweise der Papiere dann, soweit es noch erforderlich ist, die nächsten Bestimmungsorte, nach denen das Rangiren auf dem Rangirbahnhofe stattzufinden hat, angeschrieben. Alsbald nach der Ankunft befördern besondere Schleppmaschinen die Wagen über eine, in der Steigung 1:80 gelegene Förderbahn, Gleis No. 139, nach den Ablaufgleisen No. 141 bis 144. Diese Ablaufgleise laufen am äussersten Ende in ein Stumpfgleis No. 145 zusammen, durch welches die Schleppmaschinen über Gleis No. 140 nach den Güterzugs-Einfahrtsgleisen zurückkehren, um aufs Neue angekommene Wagen zu holen.

Die Ablaufgleise haben sämmtlich eine Steigung 1:100 erhalten, welche an die Steigung der Förderbahn (1:80) anschliesst. Alle Wagen sind so hoch zu fördern, dass sie beim Ablaufen die Kreuzweiche No. 266, 267, 269, 270 passiren können. Diese Kreuzweiche liegt 13,1 m über den Einfahrtsgleisen. Da nun die Güterzugs-Ausfahrtsgleise No. XVIII bis XXII, XXIV bis XXIX in derselben Höhe wie die Einfahrtsgleise liegen, so müssen beim Ablaufen aus den Gleisen No. 141 bis 144 sämmtliche Wagen von der genannten Kreuzweiche ab sich 13,1 m abwärts bewegen. Diese Abwärtsbewegung vollziehen die Wagen durch die Schwerkraft, ohne jede Beihilfe von Maschinen, und zwar auf einer geneigten Ebene, welche ebenfalls mit dem Gefälle 1:100 angelegt ist. Dieses Gefällsverhältniss ist nach vielen darüber besonders angestellten Versuchen und den sonstigen Erfahrungen in der Praxis erforderlich, um auch bei starkem Gegenwinde ein sicheres Ablaufen der Wagen noch zu gewährleisten. Aus den Ablaufgleisen No. 141 bis 144 gelangen die Wagen zunächst in die Gruppe der Sortirungsgleise, d. i. Gleis No. 114 bis 136. Diese 23 Sortirungsgleise, welche sich noch um fünf vermehren lassen, ordnen die ablaufenden Wagen zunächst nach den Güterzugslinien oder den Lokalgüter-Bahnhöfen Dresdens.

Bei Güterzugslinien, an deren Endpunkten, wie z. B. in Bodenbach, Görlitz, täglich eine starke Uebergabe von Güterwagen stattfindet und auf denen besondere Güterzüge laufen können, die nur Wagen für Endstationen führen, findet das Sammeln solcher Endstationswagen schon in den Sortirungsgleisen statt, es ist ein weiteres Rangiren mit diesen Wagen sonach nicht mehr erforderlich: sie laufen als bereits fertiger Zug nach den Güterzugs-Ausfahrtsgleisen. Die übrigen Sortirungsgleise enthalten dann zumeist Wagen, welche für die an den Linien befindlichen Zwischenstationen bestimmt sind; sie müssen, um das Rangiren auf den Zwischenstationen zu vermeiden, vor der Ausfahrt der Züge noch nach der Stationsfolge geordnet werden. Dieses Ordnen erfolgt bei der Abwärtsbewegung der Wagen von den Sortirungsgleisen nach den Ausfahrtsgleisen mittelst der sogenannten Rostgleise, d. s. die Gleisgruppen mit den Gleisen No. 72 bis 112 des Planes. Mit Hülfe der Schwerkraft verlassen hiernach beispielsweise die im Sortirungsgleise No. 121 (Zwischenstationen der Chemnitzer Linie) gesammelten Wagen dieses Gleis und werden in dem Gleisroste mit den Gleisen No. 95 bis 102 nach acht Gruppen und, falls das für die Ordnung des Zuges noch nicht ausreichen sollte, in dem folgenden Roste mit den Gleisen No. 78 bis 81 nochmals nach vier Gruppen getheilt. Da nun die Theilung im zweiten Roste mit den Wagen jeder Gruppe des ersten Rostes stattfinden kann, so ist die Zerlegung der im Gleise No. 121 (Zwischenstationen der Chemnitzer Linie) gesammelten Wagen im Allgemeinen nach $4 \times 8 = 32$ Stationen möglich. Für die von Dresden auslaufenden Güterzüge kommen höchstens 16 Stationen an einer Linie in Betracht, die Güterzüge enthalten zudem selten Wagen gleichzeitig für alle Stationen, es wird daher das Ordnen der Wagen zumeist schon im ersten Roste beendet werden können, so dass die dort geordneten Wagen im zweiten Roste nicht mehr aufgehalten werden müssen.

Ebenso wie bei den aus Dresden ausfahrenden Güterzügen hat bei den nach den Lokalgüter-Bahnhöfen Dresdens bestimmten Ueberführungszügen auf dem Rangirbahnhofe ein Ordnen nach den Bestimmungsorten der Wagen, als Güterschuppen, Ladeplätze, Zweiggleise und dergleichen, stattzufinden, welches Ordnen ebenfalls durch Roste bewirkt wird, wie dies der Gleisplan ohne Weiteres erkennen lässt.

Aus den Rosten laufen, ebenfalls mit Hilfe der Schwerkraft, die Wagen endlich in die Güterzugs-Ausfahrtsgleise No. XVIII bis XXII, XXIV bis XXIX,

welche sich in späterer Zeit noch um drei Gleise vermehren lassen. Das Gleis XXIII ist ein Verkehrsgleis. Die Länge der letzten Fallstrecke aus den Rostgleisen ist so bemessen, dass ein Wagen selbst bei Gegenwind die ganze Ausfahrts-Gleislänge ohne Beihilfe von Maschinenkraft noch durchlaufen kann. Sämmtliche Ausfahrtsgleise sind länger als 600 m, also im Stande, Güterzüge mit 150 Achsen aufzunehmen. Wenn die geordneten Güterwagen aus den Gleisrosten in die Ausfahrtsgleise gelangt sind, tritt die Maschine aus den nahe befindlichen Heizhäusern über ein besonderes Maschinengleis vor den Zug, und das Zugspersonal, welches im Verwaltungsgebäude an der Waltherstrasse die Zugspapiere erhalten und sich über einen, neben der Waltherstrassenbrücke befindlichen Steg mittelst hierzu besonders angelegter Treppen nach dem Zuge begeben hat, besetzt denselben, so dass er nunmehr zur Ausfahrt fertig ist. Die Ausfahrt der Güterzüge kann, von einander unabhängig, gleichzeitig nach vier Richtungen erfolgen. Da die Ausfahrt nach westlicher Richtung, also von Gleis No. XIX bis XXI, sich der Fahrtrichtung nach links von den Einfahrtsgleisen für die nördliche Richtung, Gleis No. V bis VII, befindet, so ist für das Rechtsfahren auf der freien Strecke eine Ueberschneidung der Einfahrtsgleise mit denen für die Ausfahrt erforderlich; diese Ueberschneidung erfolgt in verschiedenen Höhenlagen der Gleise, indem diejenigen für die Einfahrt über die für die Ausfahrt hinweg genommen wurden.

Das Rangiren mittelst der Schwerkraft, welches nach den vorstehenden Erläuterungen auf dem Rangirbahnhofe Dresden-Friedrichstadt in ausgedehntestem Maasse zur Anwendung gelangt, ist im grösseren Umfange in Sachsen überhaupt erstmalig geübt worden, vergl. Köpcke, „Ueber das Rangiren mit Benutzung eines ansteigenden Eisenbahngleises“, Organ 1871, S. 60. Später hat sich diese Methode über den ganzen Kontinent verbreitet; sie findet auch in England vielfache Anwendung. Hier ist auf dem Bahnhofe Edge-hill bei Liverpool das System des Ordnen der Züge mittelst der Gleisroste, „Gridirons“, nach den Angaben des Ingenieurs Footner erstmalig ausgeführt, und zwar mit bestem Erfolge, vergl. George Findlay, „The Shunting and Marshalling of Goods Trains“ in „The Working and Management of an English Railway“, London 1889, Schwabe, „Ueber das englische Eisenbahnwesen“, Wien 1877, S. 89 und Köpcke, Mittheilungen aus dem Bereiche des englischen Eisenbahnwesens, Band XXXVI dieser Zeitschrift, 1890, S. 391.

Bei den durch eine Kommission von Oberbeamten deutscher Eisenbahnverwaltungen angestellten Versuchen über das Rangiren mittelst geneigter Ablaufgleise hat sich bekanntlich ergeben, dass dieses Verfahren nur die halbe Zeit, gegenüber dem mittelst Abstossens durch Maschinen auf horizontalen Gleisen, erfordert; auch bietet dasselbe für das Fahrmaterial und die Menschen weniger Gefahr und beansprucht die geringste Ausdehnung der Bahnhöfe.

Die Vereinigung aller Rangirarbeiten an einem Punkte gestattet aber vor Allem auch eine rasche Weiterbeförderung der durchlaufenden Güterwagen. Es werden sich zwar die Beförderungszeiten für Lokalgüterwagen zufolge der erforderlichen Ueberführungen etwas vermehren, dagegen wird der Nutzen, den eine rasche Behandlung des Durchgangsverkehres ergibt, den Nachtheil solcher Verzögerungen weit überwiegen.

Der Rangirbahnhof ist in seinem ersten Ausbau für die Behandlung von täglich 4000 Wagen bestimmt; seit seiner Inbetriebnahme ist eine stärkste Behandlung von 2500 Wagen eingetreten; das Ablaufen dieser Wagen hat einen Zeitraum von 14½ Stunden beansprucht.

Auf der Südseite des Rangirbahnhofes befindet sich eine Umladerampe, an welcher die nur theilweise oder mit nach verschiedenen Richtungen bestimmten Gütern beladenen Wagen entweder in ihrer Ladung ergänzt oder entladen werden. Die Umladerampe ist 370 m lang; sie gestattet die gleichzeitige Behandlung von etwa 100 Wagen. Die nur theilweise beladenen Wagen werden beim Ablaufen aus den obersten Gleisen auf dem Gleise No. 115 gesammelt und in regelmässigen Zwischenpausen an die Rampe, Gleise No. XXXI und XXXII, herabgelassen, nachdem vorher die an der Umladerampe behandelten Wagen, welche zum Fortgange fertig sind, von diesen Gleisen No. XXXI und XXXII über das Gleis No. 113 und 137 nach dem Ablaufberge genommen und hier in das Ablaufgleis No. 141 eingestellt worden waren. Die von der Umladerampe kommenden Wagen werden auf dem Ablaufberge wie diejenigen eines angekommenen Güterzuges behandelt und nach den verschiedenen Bestimmungsorten sortirt.

Da nach dem allgemeinen Plane für die Bahnhofsbauten zwischen dem Bahnhofe in Dresden-Friedrichstadt und dem an den Leipziger Linien gelegenen Bahnhofe Coswig auf der über Niederwartha-Cossebaude führenden Strecke der Berlin-Zossen-Dresdener Eisenbahnlinie künftig sämmtliche Güterzüge der nördlichen Linien verkehren werden, während die Personen-Fern-

züge der genannten Linie künftig den Weg auf dem rechten Elbufer nach Dresden-Neustadt nehmen, so ist für die Strecke Dresden-Friedrichstadt-Cossebaude-Coswig ein Omnibusverkehr für Personenbeförderung eingerichtet worden, der seinen Ursprung auf dem Hauptbahnhofe in Altstadt hat und welcher Anschluss an die nördlichen Linien in Coswig, beziehentlich Weinböhla findet. Auf dem Bahnhofe Friedrichstadt wurde für diesen Omnibusverkehr eine Haltestelle errichtet, und zwar nach Art der Haltestelle Düsseldorf-Derendorf mit einem Inselgebäude, welches nur von der den Bahnhof kreuzenden Waltherstrasse zugänglich ist. Auf den Gleisen No. III und IV findet die An- und Abfahrt der Omnibuszüge statt; der Anschluss dieser Personenzugsgleise an die Hauptgleise erfolgt, ohne Kreuzung in gleicher Schienenhöhe, mittelst der Weichen No. 111 (Ablenkung einfahrender Personenzüge auf das Haltestellengleis) und No. 279 (Einlauf ausfahrender Personenzüge auf das Hauptgleis), von denen die letztere Weiche bei Station 20 in der Nähe des Haltepunktes Cotta gelegen ist.

Der Lokalgüterbahnhof in Dresden-Friedrichstadt, an der Nordseite des Rangirbahnhofes gelegen, ist erhalten geblieben und zunächst nur etwas vergrössert worden. Da die für Dresden bestimmten Güter zufolge der Anordnung des Rangirbahnhofes am ehesten auf diesem Güterbahnhofe zur Entladung kommen werden, während nach den Güterbahnhöfen in Dresden-Altstadt und Neustadt theilweise noch besondere Ueberführungen nöthig sind, so wird allmählich der Güterbahnhof in Friedrichstadt immer mehr an Bedeutung zunehmen und weitere Vergrösserungen erheischen. Bei dem Entwürfe für den Rangirbahnhof ist auf eine Vergrösserung in ausgedehntem Maasse bereits Rücksicht genommen worden, indem das in fiskalischem Besitze befindliche Areal, welches in der Umgebung des alten Stationsgebäudes liegt, von den neuen Bahngleisen des Rangirbahnhofes, sowie der Walther-, der Berliner- und der Peterstrasse umschlossen wird und etwa 15 000 qm Inhalt besitzt, zur Erweiterung des Lokalgüterbahnhofes bestimmt wurde. Die Lage dieses Güterbahnhofes ist besonders deshalb eine günstige, weil aus Anlass der Bahnhofsumbauten eine Anzahl breiter und ebener Strassenverbindungen des Güterbahnhofes mit der inneren Stadt geschaffen wurde, die eine bessere Verkehrsvermittlung geben, als eine solche z. Z. beispielsweise mit dem Güterbahnhofe in Dresden-Altstadt besteht.

Auf die Mittheilung weiterer Einzelheiten über den Rangirbahnhof, welcher am 1. Mai 1894 in seinem

ganzen Umfange in Betrieb genommen worden ist und der, indem er einen grossen Theil des Güter- und Rangirverkehrs der übrigen Bahnhöfe bereits an sich zog, gleichsam den Schlüssel für den Umbau der übrigen Bahnhöfe bildet, muss an dieser Stelle verzichtet und diesbezüglich auf eine spätere eingehendere Veröffentlichung, die sich auch auf die Bauausführung zu erstrecken hat, verwiesen werden.

Unmittelbar neben dem Rangirbahnhofe wird in Dresden-Friedrichstadt ein neuer grosser Werkstättenbahnhof gebaut. Derselbe dient zunächst als Ersatz für die auf dem Schlesischen Bahnhofe in Dresden-Neustadt in Wegfall kommenden Werkstätten, weil das Areal, auf dem diese liegen, beim Neubau des Personenbahnhofes daselbst Verwendung finden muss. Alle aus den Güterzügen auszuschaltenden, ausbesserungsbedürftigen Wagen, zu denen auch Personenwagen dann gehören, wenn sie von auswärts den Werkstätten zugeschickt werden, erfahren nach ihrer Ankunft auf dem Rangirbahnhofe genau dieselbe Behandlung, wie die übrigen angekommenen Wagen, d. h. sie werden nach dem Ablaufberge befördert. Von den Ablaufgleisen kommen sie dann in das Sammelgleis No. 138, welches 600 m lang und wie die Sortirungsgleise im Gefälle 1:100 geneigt ist. Aus diesem Gleise werden die Wagen in regelmässigen Zügen über eine Rampe mit dem Gefälle von 1:60 in den Werkstättenbahnhof ein- und dort mittelst besonderer Rangirmaschinen den Werkstättengebäuden zugeführt. Fertige Wagen benutzen die neben den Zuführungsgleisen gelegenen Abholungsgleise und gelangen in geschlossenen Zügen nach dem Ablaufgleis No. 141 auf den Rangirberg, wobei sie auf der letzten Strecke denselben Weg nehmen, wie die von der Umladerampe kommenden Wagen. Die den Werkstätten zuzuführenden Lokomotiven verkehren auf dem kürzesten Wege über die Gleise No. 60 und 61 des Maschinenbahnhofes. Zwischen dem Werkstättenbahnhofe und dem Rangirbahnhofe liegt noch ein grosses domänenfiskalisches, von den neuen Eisenbahnanlagen unbenutztes Areal von durchschnittlich 70 m Breite und 600 m Länge, das zu Erweiterungen des Rangirbahnhofes verfügbar ist. Der Werkstättenbahnhof reicht mit seiner südlichen Umgrenzung nahezu bis an den neuen Lauf des Weisseritzflusses, welcher letztere vor Beginn der Bahnhofsbauten vom Kohlenbahnhofe und der Verbindungsbahn Altstadt-Neustadt nach der Elbe führte, von der Stadtgemeinde aber in Nachgehung eines mit dem Staatsfiskus abgeschlossenen Vertrages in ein neues Bett geleitet wurde, das, wie die Stadtpläne erkennen lassen,

beim Dorfe Cotta in die Elbe mündet. Die neuen Werkstätten benutzen nur einen Theil, etwa die Hälfte des zwischen dem Rangirbahnhofe und dem neuen Weisseritzlaufe befindlichen Landes. Das noch unbenutzte ist, mit Ausnahme eines 25 m breiten Streifens entlang der Weisseritz, auf welchem Arbeiterwohnbäude errichtet werden sollen, zu Erweiterungen der Werkstätten vorbehalten. Solche Erweiterungen dürften in nicht zu ferner Zeit eintreten, und zwar in Hinsicht auf die besonders günstige Lage, die der neue Werkstättenbahnhof in Dresden-Friedrichstadt neben dem grossen Rangirbahnhofe und nahezu inmitten des Sächsischen Eisenbahnnetzes hat, welche Verhältnisse der Erwägung Raum gegeben haben, Erweiterungen, die für andere Eisenbahnwerkstätten Sachsens (Chemnitz, Leipzig, Zwickau) in Aussicht genommen waren, in Dresden auszuführen.

Die Stellung der Gebäude des Werkstättenbahnhofes in Dresden-Friedrichstadt weicht von der sonst üblichen ab: sie ist eine zu den Hauptrichtungen der Gleise und der Strassen der Umgebung des Bahnhofes geneigte, schräge. Bei der Wahl dieser Lage war das Bestreben massgebend, die Zuführungen zu den Gebäuden möglichst kurz zu halten, zahlreiche direkte Einführungen der Gleise in die Gebäude zu erleichtern und das oft unzuverlässige Verkehrsmittel der Drehscheiben durch Weichen zu ersetzen, so dass nunmehr der grösste Theil des Verkehrs im Werkstättengebiete durch Rangirmaschinen bewirkt werden kann. Für den untergeordneten, durch Menschenkraft auszuführenden Innenverkehr zwischen den einzelnen Gebäuden sind überdies noch Transportgleise vorgesehen, welche rechtwinklig zu den Hauptverkehrsgleisen liegen und an dieselben durch kleine Drehscheiben angeschlossen werden. Die ganze Anlage, deren Umfang durch Erweiterungen auf das Dreifache des jetzigen Ausbaues gebracht werden kann, zerfällt in eine Abtheilung für Lokomotivreparatur und in eine solche für Wagenreparatur, zwischen denen die Magazine angeordnet sind. Die erstere enthält: 1 Lokomotivreparatur-Werkstatt mit 53 Ständen, 1 Dreherei, 1 Schmiede mit 32 Feuern, 1 Stabeisenmagazin, 1 Räderwerkstatt und Kupferschmiede, sowie mehrere kleinere Gebäude. Zur Wagenreparatur gehören: 1 Wagenreparatur-Werkstatt mit 180 Ständen nebst eingebauter Lackirerei, Klempnerei, Tischlerei und Sattlerei, 1 Dreherei, 1 kleine Schmiede, 1 Holzbearbeitungswerkstatt und mehrere kleinere Gebäude. Die Länge der Gleise auf dem Bahnhofe, einschliesslich der Zuführungsgleise, aber ausschliesslich der in den Gebäuden liegenden, beträgt 17 300 m, von denen etwa

2000 m zur Aufstellung von im Freien auszubessernden Wagen dienen. Der Antrieb sämtlicher Arbeitsmaschinen der Werkstätten erfolgt mittelst elektrischer Energie, worauf im Folgenden noch hingewiesen werden wird.

Ueber die neuen Bahnhöfe in Dresden-Neustadt lässt sich hier nur Weniges anführen, da die speziellen Entwürfe für dieselben z. Z. noch der Bearbeitung unterliegen. An die eingangs schon gemachten Mittheilungen über die Lage des Personenbahnhofes und die des Güterbahnhofes wird nur noch anzuschliessen sein, dass die Personenzüge der nördlichen Linien — beide Leipziger (über Riesa und Döbeln) und beide Berliner (über Röderau und Zossen) — an der Weichbildgrenze der Stadt auf eine neue Verbindungsbahn übergeführt werden sollen, die über noch unbebautes Areal der Flur Dresden in der Nähe des inneren Neustädter Friedhofs in den jetzigen Schlesischen Bahnhof einmündet. Auf diese Weise liegen die Personenzugsgleise sämtlicher Linien auf der Strecke von dieser Einmündung bis zum Elbufer nebeneinander; diese gemeinschaftliche Strecke wird zum Personenbahnhofe ausgebaut. Die Einführung der, verschiedenen Richtungen dienenden Personenzugsgleise in den Bahnhof geschieht unter Vermeidung von Kreuzungen mit der nämlichen Schienenhöhe, also mittelst Ueber- und Unterführungen. Der neue Personenbahnhof in Dresden-Neustadt besitzt eine für diesen Stadttheil besonders günstige Lage. Da sich künftig auf der Strecke Dresden-Neustadt-Coswig die Personenzüge von vier Eisenbahnlinien bewegen werden und diese Strecke einen ausserordentlich starken Personenverkehr ihrer Stationen mit Dresden schon jetzt aufweist, so ist der viergleisige Ausbau der genannten Strecke geplant, wobei auf den beiden mittleren Gleisen die Fernzüge und auf den äusseren die Vorortzüge laufen, welcher Grundsatz auch innerhalb der Bahnhöfe in und bei Dresden zur Durchführung gelangt.

Der jetzige Leipziger Bahnhof wird zum Güterbahnhof für Dresden-Neustadt ausgebaut. Der der Stadt zunächst gelegene Theil desselben kann dabei in der bisherigen Höhenlage belassen werden, da die Gleise hier nirgends durch städtische Strassen gekreuzt werden. Die Zuführung und Abführung der Güterwagen erfolgt in der Hauptsache von, bez. nach dem Rangirbahnhofe in Dresden-Friedrichstadt. Für die von Osten auf der Schlesischen Linie ankommenden, für Dresden-Neustadt bestimmten Güter ist, um denselben eine doppelte Beförderung über die Elbe zwischen Neustadt und Friedrichstadt zu ersparen, folgende Behandlung in Aus-

sicht genommen worden: Die Schlesischen Güterzüge sollen in den Neustädter Güterbahnhof direkt einlaufen und dort das für Dresden bestimmte Gut abgeben; der Rest des Zuges geht dann nach dem Rangirbahnhofe.

Im Vorstehenden sind die neuen Bahnhofsanlagen in Kürze beschrieben worden; es erübrigt noch, einige Bemerkungen über den zu gleicher Zeit im Bau befindlichen Verkehrs- und Winterhafen anzuschliessen. Da der Ablaufsdamm des Rangirbahnhofes, welcher an seinem Ende beim Dorfe Cotta die Höhe von 17 m über dem umliegenden Erdboden besitzt, die Beschaffung von nicht weniger als 1 550 000 cbm Massen erforderte, wurde in Aussicht genommen, diese Massen einem, neben dem Elbstrome gelegenen, bisher bei Hochwasser überflutheten fiskalischen Areale zu entnehmen und hierdurch zugleich ein Hafenbecken auszubilden. Es ist also schon bei Aufstellung der generellen Entwürfe für die Dresdener Bahnhofsbauten die Planung eines neuen Verkehrs- und Winterhafens an der aus den Stadtplänen ersichtlichen Stelle aufgestellt worden, welche Planung auch der Ausführung zu Grunde gelegt worden ist. Der Hafen befindet sich in dem sogenannten „Grossen Gehege“ in Dresden-Friedrichstadt, zwischen dem Elbstrome und dem Rangirbahnhofe.

Die Erbauung eines grossen Verkehrshafens in Dresden war schon längst angestrebt worden. Die bisher in Dresden vorhandenen Hafenanlagen sind nur beschränkte und wiederholt waren Wünsche auf Erbauung umfangreicher neuer Umschlagstätten aus den Kreisen der Schifffahrtsinteressenten, wie aus Dresdener Handels- und Gewerbekreisen an die Staatsregierung gelangt. Bei dem Umbau der Bahnhöfe finden auch diese Wünsche Befriedigung.

Nachdem im Jahre 1890 die Entnahme der Bodenmassen für den Ablaufdamm des Rangirbahnhofes aus dem Grossen Gehege bestimmt worden war, wurden sofort die speziellen Entwürfe für einen grossen Verkehrs- und Winterhafen von den Organen der Eisenbahn- und der Wasserbauverwaltung gemeinschaftlich bearbeitet. Von diesen Entwürfen, zu deren Ausführung die Landstände im Jahre 1892 die erforderlichen Mittel bewilligten, gelangt zunächst nur ein Theil zur Ausführung, und zwar ein Hafenbecken von etwa 1000 m Länge und 150 m Breite. Die spätere Vergrösserung des Hafenbeckens wird durch eine stromaufwärts vorzunehmende Verlängerung um nochmals 1000 m bei einer allmählich, abnehmenden Breite des Beckens erreicht. Während zunächst eine Kailänge von 2000 m vorhanden sein wird, kann dieselbe durch die vorgesehenen Er-

weiterungen und den Einbau einer 1000 m langen Zunge in den unteren Theil des Hafenbeckens noch bis auf 6000 m Länge vermehrt werden. Der neue Hafen wird bei seinem ersten Ausbaue 45 Schiffen die Füglichkeit zu gleichzeitiger Entladung und 200 Schiffen Winterschutz bieten. Die den Hafen umgebenden Kaiflächen, welche gegen das Hafenbecken mit Stützmauern abgegrenzt sind, liegen ausnahmslos über dem höchsten bekannten Wasserstande des Elbstromes. Auf beiden Seiten ist der Hafen mit Gleisanlagen umgeben, die mit dem Rangirbahnhofe in unmittelbarer Verbindung stehen, zu welchem Behufe auch die stromab gelegene Hafenmündung mit einer Eisenbahnbrücke versehen wird. Die Lage des neuen Hafens zur Stadt und zu dem Rangirbahnhofe ist eine günstige: eine neue Strasse wird den Hafen mit der Ostraallee, einer unmittelbar nach der Stadtmitte führenden Verkehrsader verbinden.

Es bleibt schliesslich noch zu erwähnen, dass die Beleuchtung sämmtlicher Bahnhöfe durch ein Elektrizitätswerk erfolgen wird, das in der Nähe des Ablaufberges vom Rangirbahnhofe, und zwar neben dem Flügelwege, für vorläufig 1200 PS. Maschinenleistung, bereits errichtet worden ist. Dasselbe wird aber nicht nur den zur Beleuchtung der Bahnhöfe bestimmten Strom erzeugen, es ist auch vorgesehen, den grösseren Theil der Arbeitsmaschinen des Werkstätten-Bahnhofes, die Hebekrahne des neuen Hafens, sowie die Gepäckaufzüge der Personenbahnhöfe elektrisch, und zwar mittelst Drehstromes, zu betreiben. In Anbetracht der grossen Entfernung, welche einzelne Bahnhofstheile von dem Elektrizitätswerke haben, ist auf die Verwendung hochgespannter Ströme (von 3000 Volt Spannung) zugekommen worden, die mittelst schwacher Leitungen den einzelnen Verwendungsstätten der elektrischen Energie zugeführt und dort in niedrig gespannte Ströme umgewandelt werden. Einzelheiten über dieses Werk können hier nicht gegeben werden.

Die Grösse der neuen Bahnhofsanlagen in Dresden wird aus nachfolgenden Angaben über die künftig vorhandenen Gleislängen und die Flächen, welche von den Bahnhöfen bedeckt werden, ersichtlich:

1) Personenhauptbahnhof	25 500 m Gleis,	166 200 qm Fläche
2) Abstellbahnhof und Güterbahnhof in Altstadt	47 600 „ „	324 700 „ „
3) Kohlenbahnhof	12 500 „ „	93 200 „ „
4) Rangirbahnhof	76 700 „ „	544 000 „ „
		162 300 m Gleis, 1 128 100 qm Fläche

Uebertrag: 162300 m Gleis, 1128100 qm Fläche

5) Werkstättenbahn.	17300	„	„	192000	„	„
6) Hafen mit Becken	16300	„	„	327400	„	„
7) Haltestelle Wettiner-						
strasse	6500	„	„	21100	„	„
8) Personenbahnhof						
Neustadt . . .	21300	„	„	127900	„	„
9) Güterbhn. Neustadt	38300	„	„	306700	„	„
10) Ältere Kaianlagen						
in Altstadt und						
Neustadt . . .	9700	„	„	149800	„	„

Zusammen: 271700 m Gleis, 2253000 qm Fläche

Rechnet man hierzu 41000 m Gleis der freien Strecken im Stadtgebiete mit einem Flächeninhalte derselben von 256000 qm, so besitzen die Eisenbahn-Anlagen innerhalb der Stadt künftighin eine Gleislänge von nahezu 272 km und bedecken eine Fläche von etwa 215 ha. Das Stadtgebiet enthält 2858 ha, d. i. angenähert die Fläche eines Kreises von 6 km Durchmesser, es werden sonach etwa 8% des Stadtgebietes zu Bahn- und Hafenanlagen beansprucht, und die innerhalb der Stadt befindlichen Gleise besitzen eine Länge von ungefähr 45 Durchmessern. Da die oben aufgeführten Zahlen nur theilweise auf der Grundlage von Ausführungsplänen, im Uebrigen nach generellen Entwürfen bestimmt wurden, die noch der Abänderung unterliegen können, so sind dieselben nicht als feststehende zu betrachten.

Die Kosten der neuen Bahnhofsbauten waren nach den generellen Entwürfen vom Jahre 1889 (ohne den Hafen) auf 34870000 M veranschlagt worden. Mit dem Eintritt in die speziellen Entwurfsbearbeitungen, denen umfangreiche und eingehende Erörterungen über die Grösse und die Zunahme des Eisenbahnverkehrs in Dresden nochmals vorausgingen, zeigte sich, dass ein Theil der für spätere Erweiterungen vorgesehenen Anlagen besser gleich anfangs mit ausgeführt werde, um den zu erwartenden grösseren Anforderungen auf längere Zeit genügen zu können. Unter allseitiger Festhaltung an dem generellen Plane erscheinen daher die speziellen Entwürfe wesentlich erweitert. Die Erweiterungen betreffen namentlich den Personenhauptbahnhof und den Rangirbahnhof. Bei Aufstellung der generellen Planungen war bezüglich des ersteren angenommen worden, das auf dem Böhmischem Bahnhofe befindliche Empfangsgebäude, das zugleich die Diensträume der Generaldirektion der Staatseisenbahnen enthält, fortbestehen zu lassen, da der Platz, welchen es einnimmt, für die Neuanlagen nicht beansprucht wurde. Als aber bei

Aufstellung der speziellen Entwürfe für den Personenhauptbahnhof bestimmt wurde, die Zahl der Bahnsteiggelise für die Durchgangszüge der Linien Leipzig, Berlin-Dresden-Bodenbach, Tetschen von zwei bis auf sechs zu erhöhen, konnte die Beseitigung des alten Empfangsgebäudes nicht länger umgangen und es musste auf den Neubau eines Direktionsgebäudes zugekommen werden. Ferner wurde die Zahl der Gleise, welche den Personenhauptbahnhof mit dem Abstellbahnhöfen verbinden, mit Hinsicht auf den regen Verkehr, welcher zwischen diesen beiden Bahnhöfen sich entwickeln wird, bis auf fünf vermehrt. Diese und andere Erweiterungen steigerten die veranschlagten Kosten, namentlich durch den erforderlichen Neubau eines Dienstgebäudes für die Generaldirektion und durch die Vermehrung des Grunderwerbs (2477000 M statt 626000 M) für den Hauptbahnhof allein um nahezu 9 Millionen M. Auch beim Rangirbahnhöfen in Dresden-Friedrichstadt traten erhebliche Vergrösserungen ein; dieselben werden am besten aus folgenden Zahlen ersichtlich: Die Grundfläche des Bahnhofes vergrösserte sich, gegenüber der ursprünglichen Ausdehnung des Berliner Bahnhofes, nach dem generellen Plane um 265455 qm, bei der Ausführung hat sie aber um 385420 qm zugenommen. Die Massenbewegung stieg von 782000 cbm auf 1550000 cbm. Die den ganzen Bahnhof übersetzende Waltherstrassenbrücke war generell geplant mit 163 m Länge, d. i. über 34 Gleise hinwegführend; sie wurde ausgeführt mit 300 m Länge, d. i. über 56 Gleise. Entsprechend diesen Vergrösserungen erhöhte sich der Kostenanschlag des speziellen Entwurfes um 2350000 M, und zwar bis auf 7950000 M.

Die Kosten der neuen Bahnhofsbauten in Dresden sind nun nach den letzten Planungen wie folgt veranschlagt:

1) Personenhauptbahnhof in Altstadt . .	16267000 M
2) Abstell- und Güterbahnhof daselbst .	2950000 „
3) Verbindungsbahn mit Haltestelle	
„Wettinerstrasse“ daselbst	4165500 „
4) Rangirbahnhof in Friedrichstadt . .	7950000 „
5) Werkstättenbahnhof daselbst	4300000 „
6) Personenbahnhof in Neustadt	5178500 „
7) Güterbahnhof daselbst	2500000 „
8) Verlegung der Leipzig-Dresdner Personenzuggleise daselbst	2800000 „
9) Vermehrung der Gleise auf der Elbbrücke von 2 auf 4	1550000 „

Zusammen: 47661000 M

Mit diesen Bahnhofsbauten in unmittelbarem Zusammenhange stehen noch folgende Ausgaben, von denen einige sich für Bauten in der Umgebung Dresdens behufs Durchführung der Grundsätze für die Neugestaltung der Dresdner Bahnhöfe erforderlich machten:

- 10) Verbindungsbahnen in der Umgebung von Coswig und Auslegung des zweiten Gleises auf der Berlin-Zossen-Dresdner Bahn zwischen Naundorf und dem Rangirbahnhöfe 1775 000 *ℳ*
- 11) Rangirbahnhof in Klotzsche 250 000 „
- 12) Elektrizitätswerk 1750 000 „
- 13) Verwaltungsgebäude (für obere Eisenbahndienststellen) 1440 000 „
- 14) Arealerwerb zur Anlage von Privat-zweiggleisen in Friedrichstadt 540 000 „
- 15) Dienstgebäude für die Wirthschaftsverwaltung der Staatseisenbahnen . . . 360 000 „

Zusammen: 6115 000 *ℳ*.

Die Ausgaben für die neuen Bahnhofsbauten in Dresden und für einige mit diesen im Zusammenhang stehende Anlagen sind sonach im Ganzen auf 53 776 000 *ℳ* veranschlagt.

Die thatsächlichen Kosten werden deshalb noch etwas höhere sein, weil die Stadtgemeinde Dresden auf Grund von Verhandlungen, welche mit ihr im Jahre 1891 über die Durchführung der generellen Planungen geführt worden sind, einen Theil der erforderlichen Aufwendungen übernommen hat, der in den oben benannten Veranschlagungen nicht mit enthalten ist. Bei der Aufstellung der generellen Entwürfe hat das Bestreben obgewaltet, Anlagen in Dresden zu schaffen, die nicht nur den jetzigen und den künftig zu erwartenden Anforderungen des Eisenbahnbetriebes auf abschbare Zeit zu genügen im Stande sein werden, sondern durch welche auch vielfachen, von den städtischen Behörden wie aus den Kreisen der Einwohnerschaft Dresdens zu erkennen gegebenen Wünschen wegen der Beseitigung von Schienenübergängen städtischer Strassen und der Aufschliessung neuer Strassenverbindungen, sodann wegen Eröffnung neuer Personenverkehrsstellen und wegen der durch die Fürsorge für das wirtschaftliche Gedeihen der Stadt gebotenen Einrichtung von Markthallen entsprochen werden kann. Die Bestreitung des durch diese Berücksichtigung besonderer städtischer Interessen verursachten Aufwandes fiel der Stadtgemeinde selbst zu, indem bei den Bauausführungen die als berechtigt anzusehenden Anträge auf die Gestaltung der Bahn- und Bahnhofsanlagen Berücksichti-

gung fanden, dafür aber die Stadtgemeinde im Wesentlichen folgende Leistungen übernahm, die in dem zwischen dem Königlich Sächsischen Finanzministerium einerseits, dem Stadtrathe und den Stadtverordneten von Dresden andererseits abgeschlossenen Verträge vom 14. Juli 1891 näher festgestellt sind:

1) Den zu den Bahnhofsbauten erforderlichen Grund und Boden, welcher sich im städtischen Besitze befindet, überlässt die Stadtgemeinde dem Staatsfiskus unentgeltlich. Nach den generellen Planungen handelt es sich hierbei um Flächen von etwa 7000 *qm* Inhalt. Umgekehrt übergibt auch der Staatsfiskus fiskalisches Areal, welches zu Strassenverlegungen oder neuen Strassen gebraucht wird, der Stadtgemeinde unentgeltlich.

2) Die Stadtgemeinde besorgt auf ihre Kosten und ohne Anlieger- oder sonstige Beiträge vom Staatsfiskus in Anspruch zu nehmen, alle infolge der Umgestaltung der Bahnhöfe herzustellenden Anlagen neuer Strassenzüge, sowie alle an den bestehenden Strassen vorzunehmenden Aenderungen.

3) Die Nebenentschädigungen an Privatgrundstückbesitzer wegen veränderter Strassenlagen übernimmt der Staatsfiskus nur in denjenigen Fällen, in denen er auf seine Rechnung Areal zu Strassen, gegebenenfalls unter Anwendung des Expropriationsverfahrens, beschafft, während im Uebrigen die Vertretung gegenüber den, wegen veränderter Strassenlagen erhobenen Ansprüchen der Stadtgemeinde obliegt.

4) Für die Durchführung mehrerer Strassen unter den zu hebenden Bahngleisen hinweg zahlt die Stadtgemeinde zu den Baukosten einen baaren Beitrag von 650 000 *ℳ*.

Unter den verschiedenen Aenderungen, Ergänzungen und Erläuterungen der generellen Entwürfe, welche in dem genannten Verträge einzeln aufgeführt sind und auf welche an dieser Stelle nicht weiter eingegangen werden kann, ist die oben schon berührte Weisseritzfluss-Verlegung noch hervorzuheben, welche die Stadtgemeinde zumeist auf ihre Kosten bewirkte, zu der ihr aber vom Staatsfiskus neben einer baaren Beihilfe von 170 000 *ℳ*, die bei der Bemessung des vorgenannten baaren Beitrages bereits in Abzug gebracht worden ist, der grösste Theil des zum neuen Flussbette erforderlichen Areals unentgeltlich überlassen wurde. Weiter gelangte vertragsmässig zur Vereinbarung, dass der Stadtgemeinde ein neben der Haltestelle „Wettinerstrasse“ gelegenes, besonders günstiges fiskalisches Areal von etwa 10 000 *qm* Flächeninhalt unentgeltlich mit der Bestimmung überlassen wurde, auf demselben eine

Zentralmarkthalle zu errichten, die an die Bahnhöfe Dresdens mittelst besonderer Zuführungsgleise anzuschliessen ist. Diese Zentralmarkthalle ist bald nach Abschluss des Vertrages vom Stadtrathe geplant worden und geht zur Zeit ihrer baulichen Vollendung entgegen.

Durch den Vertrag zwischen dem Staatsfiskus und der Stadtgemeinde wird die Bauausführung der Bahnhöfe wesentlich erleichtert. Insbesondere hat die Bestimmung, dass die Stadtgemeinde die Herstellung der Strassenveränderungen selbst bewirkt, sich als vortheilhaft für beide vertragschliessende Theile erwiesen. Die Ausgaben, welche sich die Stadtgemeinde auferlegt, sind auf sechs Millionen Mark geschätzt worden. Bei der Beurtheilung dieser Ausgabe, welche die Kosten der Weisseritzfluss-Verlegung mit in sich schliesst, ist zu bedenken, dass gelegentlich der Bahnhofsbauten eine Anzahl neuer Strassenzüge und Strassenverbindungen, die Anlage eines neuen städtischen Strassenbauhofs und andere für die Stadtgemeinde hohen Werth besitzende Neuerungen bewirkt werden, welche nur mittelbar in Verbindung mit den Bahnhofsbauten stehen. Die Ausgaben für solche sind im genannten Betrage mit enthalten.

Beim Abschlusse des Vertrages vom 14. Juli 1891 konnte eine Anzahl strittiger Angelegenheiten nicht mit zur Erledigung gebracht werden. So blieb namentlich die Frage für eine spätere Entscheidung offen, in welcher Weise die Vermehrung der Gleise beim Elbübergange zu erfolgen habe. Wie eingangs bereits berichtet, besteht bisher der Elbübergang der Verbindungsbahn aus einer steinernen Bogenbrücke für zwei Gleise. Unmittelbar neben diesen Gleisen befindet sich eine Fahrstrasse von 9 m Breite für den öffentlichen städtischen Verkehr, welche auf beiden Elbufern mittelst Rampen an die städtischen Verkehrsstrassen angeschlossen ist. Die Vermehrung der Gleise von zwei auf vier, wie es die Trennung des Güterverkehrs vom Personenverkehr erheischt, sollte nach dem generellen Entwurfe für die Bahnhofsbauten durch eine Verbreiterung der Brücke um 8 m erfolgen. Da nähere Erwägungen aber ergaben, dass eine solche Verbreiterung in Hinsicht auf die Pfeilergründungen der bestehenden Brücke nicht zu empfehlen sei und es zugleich sehr im Interesse des städtischen Verkehrs lag, die Breite der Strasse auf der Brücke zu vergrössern, sowie das unmittelbare Nebeneinanderliegen von Eisenbahngleis und Fahrstrasse zu beseitigen, ist neuerdings auf Grund fortgesetzter Verhandlungen zwischen dem Staatsfiskus und der Stadtgemeinde der Vertrag vom 13. Juli 1894 abgeschlossen worden, nach welchem, neben anderen minder wichtigen Vereinbarungen,

eine solche dahin getroffen wurde, dass der Stadtgemeinde die bestehende Brücke, die den Namen „Marienbrücke“ führt, in ihrer ganzen Breite um den Kaufpreis von 1500 000 $\mathcal{M}$ zu Eigenthum behufs Herstellung einer 17 m breiten öffentlichen Strasse überlassen wird und die Staatsregierung eine neue viergleisige Eisenbahnbrücke unterhalb der Marienbrücke, in einem mittleren Abstände von 55 m von derselben, erbauen lässt. Die Errichtung der neuen Eisenbahnbrücke ist unmittelbar nach dem Vertragsabschlusse in Angriff genommen worden.

Die Ausführung der neuen Bahnhofsbauten kann im Interesse der Aufrechterhaltung eines möglichst ungestörten Betriebes nur nach und nach erfolgen; sie wird muthmaasslich einen Zeitraum von 10 Jahren in Anspruch nehmen. Begonnen wurde die grosse Umgestaltung im Jahre 1890 zunächst mit der Erbauung des Rangirbahnhofes, der Auslegung des zweiten Gleises zwischen Naundorf und Dresden-Friedrichstadt und der Erbauung der beiden Verbindungslinien an der Kreuzung der Berlin-Zossen-Dresdener Linie mit der Leipzig-Dresdener Linie in der Nähe von Coswig. Die Auslegung des zweiten Gleises zwischen Naundorf und Dresden-Friedrichstadt brachte u. a. auch die Verbreiterung der Elbbrücke bei Niederwartha mit sich, welche durch die Herstellung von drei Fachwerkträgern für je 60 m und sieben ebensolchen für je 20 m Pfeilerabstand erfolgte. Die vorstehend benannten Bauausführungen waren im Frühjahr 1894 sämmtlich vollendet, so dass von da ab die Leitung der Güterzüge der nördlichen Linien nach dem Rangirbahnhofe über das linke Elbufer erfolgen konnte.

Die im Jahre 1892 begonnenen Arbeiten am neuen Personenhauptbahnhofe haben in erster Linie zum Zwecke, den südlich des bestehenden Böhmisches Bahnhofes gelegenen Neubautheil herzustellen, d. s. alle diejenigen Bauten, welche nach Vollendung des ganzen Bahnhofes den Güterzugsläufen und der Personenbeförderung in der Richtung von Dresden-Neustadt nach Bodenbach zu dienen haben.

Diese südliche Hochgleisgruppe kann ohne unzulässige Beschränkung des bisherigen Betriebes auf dem Böhmisches Bahnhofe fertiggestellt werden. Mit ihrer Erbauung geht Hand in Hand die allmähliche Hebung der Bahngleise der Linie Dresden-Bodenbach bis zur Flur Dresden-Strehlen, woselbst von der Kreuzung der Palaisstrasse ab die Bahngleise zunächst in der alten Höhe belassen bleiben, um dann, nach einer neueren Vereinbarung mit der Stadtgemeinde Dresden, auch dort

bis zum Ende des Jahres 1900, und zwar bis zur Weichbildgrenze der Stadt beim Dorfe Reick, gehoben zu werden, womit zugleich die Durchführung eines Bebauungsplanes für das in der Umgebung der Bahnlinie dort befindliche, jetzt noch landwirthschaftlicher Benutzung unterliegende Land ermöglicht wird. Die Inbetriebnahme des Rangirbahnhofes in Friedrichstadt hat die Fügigkeit gegeben, im Frühjahr 1894 den Rangirverkehr von dem Altstädter Güterbahnhofe zu entfernen und die Erbauung des Abstellbahnhofes für Personenzüge alsdann lebhaft zu betreiben. Der erste Theil des Personenhauptbahnhofes und ein Theil des Abstellbahnhofes sollen im Sommer 1895 so weit fertiggestellt sein, dass der Betrieb vom Böhmischen Bahnhof hinweg- und auf die Neuanlagen hinübergenommen werden kann. Zu diesem Zwecke werden die an der Bismarckstrasse gelegenen Räume unter den südlichen Hochgleisen vorübergehend zu Eintrittshallen, Warteräumen, Gepäck- und Fahrkartenausgaben, sowie Diensträumen für die Stationsverwaltung eingerichtet, während nach Vollendung des Personenhauptbahnhofes diese Räume anderweite Verwendung finden. Die aus Anlass der grossen Umgestaltungen in der Umgebung des Böhmischen Bahnhofes herzustellenden Interimsanlagen konnten bei der genannten Ausführungsweise auf das Mindeste beschränkt werden.

Unmittelbar nach Eröffnung des Betriebes auf den südlichen Hochgleisen wird der ganze jetzige Böhmische Bahnhof für den Betrieb geschlossen, und es kann dann der übrige Theil des Hauptbahnhofes vom Sommer 1895 an erbaut werden. Damit auch das jetzige Empfangsgebäude des Böhmischen Bahnhofes vom genannten Zeitpunkte an beseitigt werden kann, ist an der Wienerstrasse ein neues Dienstgebäude für die Generaldirektion der Staatseisenbahnen, deren Diensträume sich jetzt, wie schon erwähnt, im Empfangsgebäude des Böhmischen Bahnhofes befinden, errichtet worden, und es sind die inneren Ausbauarbeiten desselben z. Z. so weit vorgeschritten, dass die Verlegung der Diensträume dahin im Sommer 1895 stattfinden wird. Die Vollendung des Personenhauptbahnhofes in seinem ganzen Umfange dürfte Ende des Jahres 1897 oder Anfang des Jahres 1898 zu erwarten sein.

Die bisher ausgeübte Bauthätigkeit hat sich auch bereits auf die Verbindungsbahn Böhmischer Bahnhof-Elbbrücke erstreckt. Es ist nicht nur die Strecke vom Böhmischen Bahnhofe bis zur Abzweigung nach Friedrichstadt zu einer viergleisigen Anlage bereits erweitert und eine neue Verbindungsbahn von Friedrichstadt nach

Neustadt in zweigleisiger Anlage fertiggestellt worden, auch die Umgebung der Haltestelle „Wettinerstrasse“ zeigt schon den Eintritt in die Bauausführung; es wird aller Voraussicht nach möglich sein, bis zum Jahre 1897 auch die Neubauten zwischen dem Böhmischen Bahnhofe und dem Neustädter Elbufer, also einschliesslich der neuen Eisenbahnbrücke, herzustellen. Der neue Werkstättenbahnhof wird, wie bemerkt, im Jahre 1895 dem Betriebe übergeben; der neue Elbhafen ist z. Z. vollkommen ausgeschachtet, auch sind die Seitenmauern des Hafenbeckens vollendet; es steht zu erwarten, dass im Jahre 1896 alle Theile des Hafens fertiggestellt sein werden; als Winterhafen ist das Hafenbecken schon im Winter 1894/95 zur Verwendung gekommen. Aus allem Vorstehenden ist ersichtlich, dass im Wesentlichen im Jahre 1897 die Neubauten auf dem linken Elbufer fertiggestellt und dem Betriebe übergeben sein werden. Die namhaften Erweiterungen, welche die Neubauten dann hier bieten, werden eine wesentliche Einschränkung des Betriebes auf dem rechten Elbufer, d. i. dem Leipziger und dem Schlesischen Bahnhofe in Dresden-Neustadt, zulassen, welche Einschränkung nöthig sein wird, um mit der Umgestaltung im Jahre 1898 dort zu beginnen. Da in Neustadt eine dreijährige Bauzeit für den neuen Personenbahnhof und den gemeinschaftlichen Güterbahnhof muthmaasslich hinreichen wird, so steht zu Ende des Jahres 1900 die Vollendung der gesammten Umgestaltungen zu erwarten.

Es bleibt zum Schlusse noch übrig, über die Entstehung der Entwürfe hier Einiges anzuführen:

War schon längst die dringende Nothwendigkeit empfunden worden, für den so bedeutend gewachsenen Verkehr auf den Personenbahnhöfen ausreichende Anlagen zu schaffen und zugleich den Strassenverkehr der Residenzstadt durch Beseitigung der Schienenübergänge von einem ernststen Hindernisse zu befreien, und waren zu diesem Zwecke schon seit Jahren Entwürfe ausgearbeitet worden, so fasste doch erst der verstorbene Finanzminister von Könneritz im Verein mit dem damaligen Ministerialdirektor, dem vor Kurzem verstorbenen Finanzminister von Thümmel, den Entschluss, mit dem Baue neuer Bahnhofsanlagen in Dresden vorzugehen, und zwar nachdem die Berlin-Zossen-Dresdener Eisenbahnlinie von Elsterwerda ab einschliesslich der zugehörigen Anlagen in Dresden in den Besitz des Sächsischen Staates übergegangen war. Die zugleich im erheblichen Interesse der Residenzstadt getroffenen allgemeinen Anordnungen für den Neubau bestanden in der Wahl des Böhmischen Bahnhofes zur Errichtung einer Zentral-Ver-

kehrsstelle für Personen, der Wahl des Friedrichstädter Bahnhof als Platz für einen Zentral-Rangirbahnhof, in der Vereinigung der Neustädter Personenbahnhöfe, in der Hochlegung der Bahn in allen Stadttheilen und dazu in der Erbauung eines Verkehrs- und Winterhafens im Ostra-gehege in der Nähe des Friedrichstädter Rangirbahnhofes. Die den Landständen im Jahre 1890 vorgelegten generellen Pläne wurden unter der unmittelbaren Oberleitung des Finanzministeriums auf einem besonderen „Bureau für die Dresdener Bahnhofsbauten“ ausgearbeitet. Ein Uebersichtsplan derselben, das Erste, was bisher über die Anlagen veröffentlicht wurde, ist aus Anlass der Weltausstellung zu Chicago durch die „Transactions of the American Society of Civil-Engineers“ 1893, Band XXX, Seite 450 mitgetheilt worden. Dem erwähnten Bureau hat der Verfasser vorgestanden, und es sind die entstandenen generellen Entwürfe, die der Ausführung zu Grunde liegen, im Wesentlichen als ein gemeinsames Werk des technischen Referenten im Finanzministerium, Geheimen Rath Köpcke, und seiner Person zu bezeichnen, wobei der Regierungsbaumeister Oehme, Voigt, Decker und Bley als Mitarbeiter zu gedenken ist, von denen die beiden Erstgenannten auch an der Bearbeitung der speziellen Gleispläne, und zwar des Rangir-, bez. des Werkstättenbahnhofes, besonders betheiligt waren.

Nachdem beide Ständekammern das Einverständniss zu den generellen Planungen erklärt hatten, wurde die weitere Leitung des Entwurfswerkes, also die Aufstellung der speziellen Entwürfe, der Generaldirektion der Staatseisenbahnen, unter Fortbestand des genannten Bureaus, übertragen und noch im Jahre 1890 der Bau des Rangirbahnhofes begonnen.

Selbstverständlich hat auch nach dieser Uebertragung die Thätigkeit des Finanzministeriums fortgedauert, wobei, was die administrative Thätigkeit anlangte, neben Sr. Exc. dem Finanzminister von Thümmel der Ministerialdirektor Meusel und der Geheime Finanzrath Dr. Ritterstädt die Vertretung der Entwürfe in den Ständekammern übernahmen, Letzterer aber ausserdem die Verhandlungen mit dem Stadtrathe leitete. In technischer Beziehung haben die Referenten, Geheimer Rath Köpcke auf die Anlagen in Dresden-Altstadt, Geheimer Finanzrath Schulze auf die Anlagen in Neustadt fortdauernden Einfluss ausgeübt.

In der Generaldirektion der Staatsbahnen wurde für die Leitung der speziellen Entwurfsarbeiten und für die Bauausführung eine Kommission eingesetzt, welcher der Generaldirektor, Geheimer Rath Hoffmann, präsidiert und im Uebrigen Geheimer Finanzrath von der Planitz, Finanzrath Dr. Kürsten und Finanzassessor Elterich als administrative Mitglieder und Finanzrath Peters als technisches, zugleich mit der oberen Bauleitung beauftragtes Mitglied angehören. Ausser dem, im Wesentlichen mit den Entwurfsaufstellungen betrauten technischen Hauptbureau für die Bahnhofsbauten, dem der Verfasser noch vorsteht, wurden für die Bauausführung nach und nach fünf Sektionsbureaus errichtet, welche von den Bauinspektoren Krüger, Wolf, Menzner, Toller und Rüden geleitet werden.

Mit Vorstehendem soll ein allgemeiner Ueberblick über die neuen Bahnhofsbauten in Dresden gegeben sein; bezüglich der Einzelheiten wird auf weitere Veröffentlichung seitens der bei der Bauausführung Betheiligten hingewiesen.

Die Entwicklung unserer modernen Verkehrswege.

Antrittsvorlesung

des

Geheimen Hofrath Professor Freiherr von Oer

an der königlich technischen Hochschule zu Dresden

gehalten

am 15. Oktober 1894.

Genau der dritte Theil eines Jahrhunderts liegt zwischen jenem Tage, an dem ich das Polytechnikum zu Dresden mit dem Zeugniß der Reife als Ingenieur für Strassen-, Wasser- und Eisenbahnbau verliess, und heute, wo ich, berufen durch das Vertrauen des Senates und geehrt durch den Auftrag des königlichen Kultus-Ministeriums, diesen Lehrstuhl betrete, um von jetzt ab meine volle Thätigkeit der technischen Hochschule zu widmen.

Was ich damals an Kenntnissen mit mir genommen habe, ich habe es in mehr als dreissigjähriger Praxis verwerthet und vermehrt, und das Pfund, das ich einst hier empfangen, ich hoffe es von heute an der Alma mater mit Zins und Zinseszinsen zurückzahlen zu können.

Einem Theil meiner Hörer bin ich wohl schon aus den Vorlesungen bekannt, die ich seit nun vier Jahren an der Hochschule über Tunnelbau gehalten habe, dem anderen hoffe ich demnächst näher treten zu können, dankbar aber begrüsse ich es, dass Ew. Exzellenz und Sie, meine Herren, mir durch Ihr Erscheinen Gelegenheit geben, mich beim Antritt meiner neuen Lehrthätigkeit einem so erweiterten, hochansehnlichen Kreise vorstellen zu dürfen.

Als ich damals — im Jahre 1861 — mein Gesuch um Zuweisung praktischer Beschäftigung beim königlichen Finanzministerium eingereicht hatte, da wurde mir der Bescheid, dass man zunächst nicht in der Lage sei, mich beim Eisenbahnbau zu verwenden, und der Rath, eine Stellung beim Strassenbau anzunehmen, da die Zeiten des Eisenbahnbaues in Sachsen im Wesentlichen vorüber seien, während voraussichtlich nun eine erhöhte Thätigkeit beim Strassen-

bau eintreten werde. Die Erinnerung an diesen Ausspruch, der heute — wo sich das Eisenbahnnetz unseres engeren Vaterlandes nahezu vervierfacht hat — unbegreiflich erscheinen könnte und doch damals einer weitverbreiteten Ansicht entsprach, veranlasst mich, etwas näher auf die Geschichte der Entwicklung unserer modernen Verkehrswege mit besonderem Hinblick auf die Beziehungen zwischen dem Strassen- und Eisenbahnbau einzugehen.

Strassen- und Eisenbahnbau haben ja so viele Berührungspunkte, und die Voraussetzungen, welche beiden zu Grunde liegen, wie die Ziele, welche beide erstreben, sind in so vieler Beziehung ähnlich, dass es wohl gerechtfertigt erscheinen dürfte, einen gemeinsamen Standpunkt zu suchen, von dem aus sich die Geschichte ihrer Entwicklung zusammenfassen lässt. Dabei ist es nicht nöthig, die Spuren dieser Entwicklung bis in das graue Alterthum zurück zu verfolgen — jene ersten Zeichen denkender Thätigkeit für die Erleichterung des Transportes liegen begraben unter dem mehr als 1000jährigen Schutte eines Zeitalters, während dessen die Benutzung der von der Natur gebotenen Wege, insbesondere der Wasserwege, für die Befriedigung des Verkehrsbedürfnisses ausgereicht zu haben scheint. Wenigstens zeigt uns die Geschichte der Erfindungen, dass die Menschheit zu jeder Zeit in der Lage gewesen ist, die Mittel zur Befriedigung ihres Kulturbedürfnisses zu finden, und wie einerseits die Stagnation in der Entwicklung solcher Mittel auf den Mangel eines allgemeinen Bedürfnisses schliessen lässt, so ist andererseits alles technische Erfinden meist einem mächtigen äusseren Zwange zu danken — das deuten uns

auch jene Zeichen aus ältester Zeit: die steinernen Spurwege griechischer Tempelstrassen, die bronzenen Schienen, welche die Aegypter zum Transport ihrer Monolithe verwandten, und die breiten Heerstrassen, auf denen Rom seine welterobernden Legionen aussandte.

Aber ein Element des Transportwesens ist uns doch aus diesen ältesten Zeiten des menschlichen Verkehrs überkommen und hat siegreich auch den Schlaf des Mittelalters überdauert — es ist das Rad, jenes einfache und doch noch heute in hohen Ehren stehende Mittel zur Umsetzung der gleitenden in die weit geringere rollende Reibung, das Rad, welches den griechischen Tempelkarren und den Triumphwagen des römischen Imperators trug, das auf den kothigen Erdwegen des Mittelalters Knechtesdienste verrichtete, dem unsere Zeit Flügel angeheftet und es zum Wahrzeichen des die Welt umspannenden Verkehrs gemacht hat. Dass das Rad diesen Erfolg erst so spät erringen konnte, scheint uns fast unbegreiflich, wenn wir den innigen Zusammenhang betrachten, der zwischen ihm und seiner Bahn besteht, gleichgültig, ob diese an eine feste Spur gebunden ist, oder ob sie sich das Rad selbst auf der ebenen Fläche der Strasse zu suchen hat, und wenn wir weiter an den massgebenden Einfluss denken, den die grössere oder geringere Neigung der Bahn auf die Ausnutzung der Zugkraft ausüben, ein Einfluss, der auch schon erkannt wurde, bevor das Rad durch seine Reibung auf der Bahn selbst das Mittel für den Angriffspunkt der Zugkraft bot und die auf ihm ruhende Last für die Fortbewegung anderer Lasten nutzbar machte.

Von dem Zeitpunkte ab aber, wo man diesen Zusammenhang zwischen dem Rade und seiner Bahn klar erkannt und ausgenutzt hat, beginnt erst die Geschichte der Entwicklung unserer Verkehrswege und jener grosse, zum Segen unserer modernen Kultur geführte Kampf zwischen der Vervollkommnung des Rades und seiner Bahn, der an einen gleichen Wettkampf in der Entwicklung unserer modernen Kriegskunst erinnert und in dem wir ganz genau die einzelnen Perioden unterscheiden, in denen der eine der beiden Faktoren einen Vorsprung vor dem anderen gewinnen konnte.

Die erste Voraussetzung für eine gedeihliche Entwicklung der Verkehrswege ist neben dem Verkehrsbedürfniss der Bevölkerung das Vorhandensein eines kräftigen staatlichen Gemeinwesens, welches die Mittel zur Beschaffung zweckmässiger Verkehrswege in finanzieller und rechtlicher Beziehung bereit zu stellen im Stande ist. Diese Voraussetzung fand sich bei Ausgang des Mittelalters im Gegensatz zu den vielfach durch innere Kämpfe zerrissenen Staatenbildungen des europäischen Continentes zuerst in Frankreich,

dessen monarchische und zentralisirte Verwaltung auch zuerst das Bedürfniss besserer Verkehrswege erkannte. *) Schon am Anfang des 17. Jahrhunderts begannen dort diese Bestrebungen unter Heinrich IV. und dessen Minister Sully, und die Ordonnanzen Colbert's aus den Jahren 1661 und 1663 beweisen, dass man es auch nicht an der Bereitstellung der erforderlichen finanziellen Mittel für die Verbesserung der Strassen und die Erbauung von Brücken fehlen liess. Trotzdem gelang es mit diesen Mitteln so wenig, eine dem Bedürfniss entsprechende Verbesserung der herrschenden Zustände zu schaffen, dass, wie Felix Lucas berichtet, der König Ludwig XIV., als er sich im Jahre 1680 von Paris nach Chalons begeben wollte, fünfmal übernachten musste, ehe er sein Ziel erreichen konnte.

Es bedurfte vor Allem der Beseitigung der in den bestehenden Besitzverhältnissen liegenden Hindernisse. Die Verordnung vom 26. Mai 1705 schrieb deshalb vor, dass die Strassen in Zukunft ihr Ziel in möglichst gerader Richtung erreichen und zu dem Zweck das Grund-Eigenthum durchschneiden sollten, wobei diejenigen Adjazenten, welchen Land abgetrennt werden musste, von denjenigen entschädigt werden sollten, welchen Land zuzuweisen war. Die Ausführung dieser Verordnung wurde einzelnen königlichen Kommissaren mit weitgehenden Machtbefugnissen überwiesen.

Die vielfachen Missbräuche, zu denen dieses Vorgehen führte, ohne dass trotzdem ein befriedigendes Ergebniss hinsichtlich der Trassirung der Strassen erreicht wurde, veranlassten endlich im Jahre 1716 die Errichtung eines Corps des ponts et chaussées, dessen organisirte Thätigkeit nicht nur die Durchführung der königlichen Verordnungen, sondern vor Allem die Schaffung einheitlicher Pläne und einer regelmässigen Unterhaltung der geschaffenen Verkehrswege ermöglichte.

Die erste Frucht dieser Einrichtung war die Verordnung vom 3. Mai 1720, welche genaue Bestimmungen über Richtung, Breite und Bauart der Strassen und deren Ausführung gab. Um jedoch die Ausbildung des Corps des ponts et chaussées auch für die Zukunft sicher zu stellen und zugleich für die Kontinuität der gewonnenen Erfahrungen und Regeln Sorge zu tragen, wurde im Jahre 1747 die École des ponts et chaussées gegründet, jene Schule, welcher die Welt eine Anzahl der tüchtigsten Ingenieure, Frankreich aber bis in die neueste Zeit — Dank der freieren Auffassung unserer westlichen Nachbarn über die Berechtigung technisch wissenschaftlicher Bildung — mehrere seiner besten Staatsmänner verdankt.

*) Die folgenden Angaben sind entnommen aus: M. F. Lucas, Les voies de communication de la France. Paris 1873.

Damit war dem weiteren Ausbau eines Strassennetzes eine wissenschaftliche Grundlage gegeben und während eine Reihe hochbedeutsamer Arbeiten aus dem Gebiet der technischen Mechanik noch heute Zeugniß von der Wichtigkeit der grundlegenden Thätigkeit der ersten Ingenieurschulen, wurden in Frankreich noch während des 18. Jahrhunderts über 800 Millionen Franks für den Bau öffentlicher Strassen und Brücken verausgabt.

Und als dann der grosse korsische Eroberer neue Strassen brauchte, um seine Heere nach Süden und Osten, selbst über die Pässe der Alpen zu senden, da fand er in den Zöglingen der *École des ponts et chaussées* die geeigneten Kräfte für die Ausführung seiner grossen Pläne, die einen Aufwand von über 300 Millionen Francs erforderten und denen wir noch heute staunenswerthe Werke, wie die Galerien des Simplon und Mont Cenis, verdanken, Ingenieurbauten, die einer neuen Zeit Mittel und Wege zur Ueberwindung der Hindernisse der Natur zeigten.

Das mächtige Beispiel, welches Frankreich durch den Ausbau seiner Verkehrswege, und zwar sowohl der Strassen wie der Kanäle, und durch die wissenschaftliche Begründung dieser Arbeiten bot, konnte nicht ohne Einfluss auf die Ausgestaltung der Verkehrswege des übrigen Europas bleiben und wir sehen daher zu Anfang unseres Jahrhunderts — wenigstens sofort nach dem Ende der Napoleonischen Kriegszüge — allenthalben neue Verkehrsstrassen, sowie in den verschiedenen Staaten Ingenieurschulen entstehen, welche sich bemühten, nach dem französischen Vorbild Strassen- und Wasserbauingenieure heranzuziehen.

Diese Erweckung und die thunlichst rationelle Befriedigung des Verkehrsbedürfnisses hat jedenfalls mehr für die nachfolgende grosse Periode des Eisenbahnbaues gethan, als die langsame, schrittweise und von der grossen Welt wenig beachtete Entwicklung der Spurwege auf den Kohlenstrassen Englands, die man sich als die Geburtsstätte unserer Eisenbahnen anzusehen gewöhnt hat, während es sich bei diesen letzteren doch thatsächlich um die Befriedigung eines viel allgemeiner empfundenen Bedürfnisses handelt, für welches sich in den englischen Spurbahnen der geeignete Weg, in Englands in der Schule der Industrie herangezogener Maschinentechnik das geeignete Werkzeug fand.

Die Vervollkommnung der Wege drängte zu einer Verbesserung des Fahrzeuges, die man auf den Wasserstrassen durch Einführung der Dampfkraft bereits ermöglicht hatte; die Zugkraft, wie sie bis dahin allein durch die thierische Muskelkraft geboten war, war an der Grenze ihrer Leistungsfähigkeit angelangt, vielfache Versuche zur Anwendung der Dampfkraft für die Bewegung von Strassenfahrzeugen waren misslungen; da richtete sich die Aufmerksamkeit auf jene

ersten Versuche der Traktion mittelst Dampfkraft auf den englischen Kohlenbahnen, und aus den Geburtswehen dieses Bestrebens ging siegreich die Maschine hervor, die durch die Einwirkung der Elementarkraft auf das Rad ihre eigene Last einsetzte, um sie auf der eisernen Bahn nutzbar für die Ausführung des Transportes zu machen.

Mit Recht sagt M. M. v. Weber in seiner Einleitung zu Heusinger v. Waldegg's Eisenbahnbau:

„Die Geschichte der Eisenbahn beginnt nicht mit der jener Spurbahnen in Bergwerken und im Dienste derselben, deren Ursprung ein dunkler ist, sondern mit Einführung der Dampfkraft der Lokomotive auf denselben, und zwar wieder nicht jener langsamen, schwerfälligen Remorqueure, die Kohlenzüge zu Berg schleppten, sondern der schnellen Lokomotive Stephenson's, durch die wie durch einen Zauberschlag das Eisenbahnwesen die Fähigkeit zur Erfüllung seiner grossen Mission empfing. Mit grösserer Bestimmtheit als bei irgend einer anderen gleichwerthigen Erfindung kann man für das Eisenbahnwesen den Tag seiner Geburt bezeichnen: Es ist dies kein anderer als der jenes weltberühmten Wettfahrens der vier Lokomotiven auf der ebenen Linie bei Rainhill, der 6. Oktober 1829.

Wie Frankreichs staatliches Bedürfniss Anlass zur Vervollkommnung und Ausbildung des Strassenbaues gab, so danken wir Englands hochentwickelter Industrie, dem Genie seiner Maschinentechniker und der Kapitalkraft seiner unternehmenden Bevölkerung die Entwicklung der Eisenbahnen, und bewundernd blicken wir noch heute auf das kleine Inselreich, das innerhalb eines Menschenalters 10 000 Millionen Mark aufwenden konnte, um die Hauptstätten seiner Industrie und seines Handels durch das neue Verkehrsmittel zu verbinden.

Die Entwicklung der Eisenbahnen gleicht einem Siegeslaufe, wie ihn die Welt vorher nie gesehen hat. Alle eingebürgerten Vorurtheile und Schwierigkeiten einer sich in althergebrachten Formen bewegenden Denk- und Anschauungsweise bei Seite drängend, breitete sich das neue Verkehrsmittel, an den Mittelpunkten des Handels oder der Massenproduktion beginnend und schnell die Hauptstädte verbindend mit einer Schnelligkeit aus, wie sie auch die grössten Propheten einer neuen Zeit nicht geahnt hatten, und Anlagekapitalien, die man vorher nicht einmal zu beziffern gewagt hätte, zeugen von der hohen wirthschaftlichen Kraft und Entschlossenheit jener Zeit. Dass man aber in der Lage war, diese grossen Aufgaben auch technisch durchzuführen, dass man Mittel und Wege an der Hand hatte, Berge zu versetzen und zu durchbohren, weite Thäler zu überbrücken und Flüsse zu verlegen, nur um den thunlichst

ebenen und geraden Weg für die junge Kraft der neuen Lokomotive zu schaffen, das danken wir nicht zum Mindesten der in der Schule des Strassenbaues herangezogenen Kunst des Ingenieurs.

Es ist als ein glücklicher Umstand zu betrachten, dass bei dieser schnellen, lediglich durch die Bedürfnissfrage und nur in wenigen glücklichen Fällen nach einem einheitlichen Plane erfolgten Entwicklung des ersten Eisenbahnnetzes, bei dem es sich schon in Rücksicht auf die Kapitalbeschaffung um die Hauptadern des Verkehrs handelte, der Entwicklung der Trasse in horizontalem und vertikalem Sinne mit Rücksicht auf die Wirksamkeit der ersten Lokomotive enge Grenzen gezogen waren, so dass bei Anlage dieser Linien von vornherein die thunlichst günstigen Verhältnisse für den Betrieb und die Bewältigung eines Massenverkehrs gewonnen wurden. Damit fiel auch der Schwerpunkt der Thätigkeit unserer ersten Eisenbahningeniure in die Herstellung des Unterbaues, und die mächtigsten, solidesten und den grössten Aufwand von Geld und Zeit erfordernden Bauten verdanken ihr Entstehen dieser Zeit.

Weniger kann eine solche Anerkennung der Ausführung und Entwicklung des Oberbaues — der eigentlichen Spurbahn — gezollt werden. Man begnügte sich lange Zeit mit den Mitteln, die während der ersten 10 Jahre des Eisenbahnbaues, von England und Amerika ausgehend, ihren Weg nach dem europäischen Kontinent gefunden hatten, gefiel sich zwar in mancherlei neuen Formen, übersah aber dabei die noch vorhandenen wesentlichen Mängel des Gefüges der Eisenbahngleise, namentlich hinsichtlich der Lagerung derselben und der Verbindung der einzelnen Theile zu einem festen, widerstandsfähigen und doch elastischen Ganzen. Es mangelte an Erfahrungen, und man rechnete noch zu sehr mit den geringen Gewichten der ersten Lokomotiven und den im Allgemeinen noch in engeren Grenzen gehaltenen Geschwindigkeiten, während doch die Maschinentechnik nicht gefeiert hatte, so dass zu jener Zeit — Anfang der sechziger Jahre — die Entwicklung der Betriebsmittel schon diejenige des Bahn-Oberbaues überholt hatte.

Ueberhaupt aber trat mit der Fertigstellung der hauptsächlichsten, die Länder und deren Hauptstädte verbindenden Eisenbahnlinien eine gewisse Stagnation ein, und ein der Vervollkommnung und Entwicklung des Eisenbahnwesens nachtheiliger Schematismus fing an sich geltend zu machen.

Es war jener Zeitpunkt, von dem ich im Eingange meines Vortrages gesprochen habe, zu dem sich die Ansicht geltend machte, dass nun des Kapitals genug aufgewendet sei und zunächst eine Amortisation, eine wirthschaftliche Neu-Organisation anzustreben, dem Bedürfniss

des Lokalverkehrs aber durch den Ausbau eines nach den Eisenbahnknotenpunkten gerichteten Strassennetzes zu entsprechen sein werde.

So begann damals thatsächlich eine Periode des Strassenbaues, bei dem man inmittelst aus den Erfahrungen des Eisenbahnbaues gelernt hatte, den Werth nicht nur einer guten Strassenbefestigung, sondern namentlich auch den einer Herabminderung der Steigungen und Verflachung der Krümmungen für die Zugkraft und damit für die Leistungsfähigkeit der Strassen zu schätzen. Wesentlich wirkte hierbei die Ansicht mit, dass die öffentliche Strasse, deren Benutzung für Jedermanns Transporte und damit einer weitgehenden Konkurrenz offen stehe, mehr dazu geeignet sei, die Transportkosten für den Einzelnen zu erniedrigen und so dem Lokalverkehr zu nützen, als die nur im Wege des Monopols nutzbar zu machende und im Betriebe so viel theurere Spurbahn.

Auch hier ging wieder allen anderen Staaten Frankreich voran, das — an sich schon mit dem besten Strassennetz ausgerüstet — den Ausbau seines Eisenbahnnetzes nur zögernd, dann aber nach einem einheitlichen Plane und hinsichtlich der Kapitalbeschaffung in gänzlich von allen anderen Staaten abweichender Weise unter staatlicher Leitung so gefördert hatte, dass es im Jahre 1860 16 500 *km* Eisenbahnen mit einem zum grössten Theil durch Privatgesellschaften aufgebracht Anlagekapital von 3132 Millionen Frs. besass. Trotzdem wurden dort bis zum Jahre 1870 noch 988 Millionen Frs. für Strassenbauten ausgegeben und auf Grund vorzüglicher Einrichtungen für die Heranziehung der Departements und Gemeinden ein Strassennetz geschaffen, das im letztgenannten Jahre 86 000 *km* Staats- und 270 000 *km* Gemeindestrassen, in Summa also 356 000 *km* umfasste.*)

Wenn man aber gehofft hatte, mit solchen Mitteln das infolge der verbesserten Transportmittel für die Heranschaffung der Massengüter und die Vermehrung der Produktion stets wachsende Verkehrsbedürfniss befriedigen zu können, so hatte man das letztere doch noch bedeutend unterschätzt.

Die Eisenbahntechnik hatte ihre augenblickliche Schwäche überwunden und war gegenüber dem fortwährend gestiegenen Verkehr, unterstützt durch die fortschreitende Verbesserung der Hüttentechnik, an eine gründliche Umgestaltung ihres Oberbaues, wie der Betriebsmittel, gegangen. Die Einführung der Laschenverbindungen und des schwebenden Stosses hatten eine Umgestaltung der Schienenprofile veranlasst, und wissenschaftliche Erörterungen und Versuche,

*) M. F. Lucas, vergl. oben.

wie sie schon früher von Peter Barlow und John Price in England begonnen, in Deutschland von Weisshaupt, Malberg, Scheffler, Henz, v. Weber und Köpcke aufgenommen und in dem Meisterwerke Winkler's zusammengefasst wurden, wiesen auf den richtigen Weg zur Vervollkommnung der Bahn und ihrer Anpassung an die Erfordernisse der stetig verbesserten Maschinentechnik.

Diese letztere hatte bei fortwährender Ausbildung der Betriebsmittel für die Hauptbahnen Mittel und Wege gefunden, die Wirksamkeit der Lokomotiven, namentlich auch in Hinsicht auf die Krümmungen der Bahn, erheblich zu erweitern, und den deutschen Eisenbahnen war in dem technischen Ausschuss des Vereins deutscher Eisenbahnverwaltungen ein Organ erwachsen, welches in sorgfältiger Beobachtung aller Fortschritte des Eisenbahnwesens und in Zusammenstellung der gewonnenen Erfahrungen mustergültige Bestimmungen und Regeln für die technische Ausbildung des gesamten Eisenbahnwesens aufstellte.

Der Verkehr der Eisenbahnen lieferte steigende Erträge, und mächtig strömte der Segen aus den aufgewendeten Kapitalien zurück auf das Land, damit Kapital zu neuen Unternehmungen liefernd, von allen Seiten drängten Unternehmer und Interessenten auf Gewährung neuer Spurwege, und es begann jene zweite Bauperiode, die wir als diejenige der Nebenbahnen bezeichnen können. Eine Fluth von Projekten tauchte auf und wurde zum Theil ausgeführt, bis endlich die Ueberproduktion der Jahre 1872 bis 1876 einen abermaligen Stillstand herbeiführte.

Man war an einer Grenze angelangt, die auch die vervollkommnete Technik der Lokomotive nicht mehr zu verschieben vermochte — die Kapitalaufwendungen für den Bau und die Kosten des Betriebes neuer Spurbahnen des bisherigen Charakters überstiegen das Maass der aus dem Verkehr zu erwartenden Rente, und zwar um so mehr, als die stetig gewachsenen Ansprüche an Sicherheit und Schnelligkeit der Beförderung Maassnahmen erforderten, die sich mit der gleichzeitig zur Bedingung gewordenen Billigkeit des Transportes nicht mehr vertrugen, die man aber in oft ganz unverständlichem Schematismus auch auf Bau und Betrieb der Nebenbahnen ausdehnen zu müssen glaubte.

Dem gegenüber entstand, nicht sowohl von wirtschaftlich interessirten, als namentlich von technischen Kreisen ausgehend, eine Bewegung, die, zuerst in Oesterreich beginnend, nach Mitteln und Wegen suchte, den Bau und die Ausrüstung der Lokalbahnen billiger und zweckmässiger zu gestalten und von den Anforderungen zu befreien, die sich im Interesse der Sicherheit für die Hauptbahnen nothwendig gemacht hatten.

Der Ausgangspunkt dieser Bestrebungen wurde in

einer dem Zwecke dieser Bahnen entsprechenden Herabsetzung der Grenze der zulässigen Geschwindigkeit und weiter nach dem Vorgang der Lambach-Gmundener Bahn in Oesterreich, der Brölthal-Bahn in Preussen und der Festiniog-Bahn in England in einer Abminderung der bisher allenthalben eingehaltenen, von England übernommenen Normalspur gesucht, hierdurch aber nicht nur eine Erleichterung der Oberbau- und Maschinengewichte, sondern auch für die Trasse die Fähigkeit erstrebt, sich enger an das Terrain anzuschmiegen, grosse Erd- und Felsenarbeiten thunlichst zu vermeiden und die Linie so dicht als möglich an die Verladungsstellen heranzuführen.

In gründlichster und weitblickendster Weise wurden diese Fragen von der technischen Kommission des Vereins deutscher Eisenbahnverwaltungen erörtert und in den im Jahre 1869 zuerst herausgegebenen und 1872 revidirten „Grundzügen für die Gestaltung der sekundären Bahnen“ beantwortet, und das von dieser maassgebenden Stelle ausgehende Zeugnis des Bedürfnisses erleichternder Bedingungen veranlasste endlich auch die Reichsregierung unter dem 12. Juni 1878 zu dem Erlass der „Bahnordnung für deutsche Bahnen untergeordneter Bedeutung“, durch welche unter der grundsätzlichen Voraussetzung der Anwendung geringerer Geschwindigkeiten auch die Erfordernisse für die Bahnaufsicht und Bahnbewachung, sowie für die sonstigen Sicherheitseinrichtungen erheblich herabgesetzt und zum grossen Theil der Entscheidung der Landesregierungen unterstellt wurden.

Die zu dieser Zeit begonnene, aber erst im Jahre 1880 eröffnete, vom Baurath Hostmann erbaute Feldbahn zeigte den Weg, auf dem durch zweckentsprechende Einrichtung im Bau und Betrieb die thunlichste Abminderung der Verwaltungs- und Abfertigungskosten zu erreichen war und damit auch ärmeren Gegenden die Segnungen des Verkehrs zu Theil werden konnten, und eröffnete die Periode des Baues eines Netzes dritter Ordnung von Bahnen, die alle solcher untergeordneter und im Allgemeinen nur lokaler Bedeutung umfasste.

Es ist allgemein bekannt, in wie hervorragendem Maasse sich gerade unser engeres Vaterland nach den Vorschlägen des Geheimen Rathes Köpcke an der Verwirklichung dieser Ideen betheiligte und das Staatseisenbahn-Monopol auch auf diese Lokalbahnen, unter Uebernahme der Kosten der mangelnden Rentabilität auf die Verkehrseinnahmen der Hauptbahnen ausdehnte, während beispielsweise Preussen nur den im Interesse seines Staatsbahnbesitzes liegenden Theil dieser Bahnen selbst übernahm und im Uebrigen durch das erst am 28. Juli 1892 erlassene Gesetz über die Kleinbahnen den Interessenten

selbst die Wege zur Befriedigung ihres Verkehrsbedürfnisses öffnete, die Ausführung aber der Privatindustrie überliess. —

Und hiermit trat nun zugleich der Moment ein, wo die Ueberwindung der Schwierigkeiten der Trasse durch die maschinelle Zugkraft dasjenige Maass erreichen konnte, zu dem die Verbesserung des Strassenbaues inzwischen den Bau öffentlicher Wege gefördert hatte — die monopolisirte Spurbahn trat auf die öffentliche Strasse, damit zugleich eine Ausdehnung der Verkehrsmöglichkeit herbeiführend, die, von den Strassen unserer Grossstädte ausgehend und auch dort von der animalischen zur Elementarkraft übergehend, den thunlichst weiten Spielraum für die Ausbreitung und Verdichtung des Verkehrs bot.

Während so unsere Schmalspurbahnen bis in die entlegensten Thäler und zu den höchstgelegenen Stätten menschlicher Arbeitsthätigkeit vordringen und dort, wo die Reibung zwischen Schiene und Rad wegen der starken Neigung der Bahn nicht mehr ausreicht, die schon von Blenkinshop im Anfange unseres Jahrhunderts angewandte, damals als überflüssig beseitigte Zahnstange wieder hervorgesucht und mittelst derselben das vom Dampf bewegte Rad bis auf die schneebedeckten Gipfel der Alpen geführt wird, breitet sich ein immer dichteres Netz von Schienen auf den Strassen aus, in den Mittelpunkten des Verkehrs schon den Raum über oder unter dem Strassenplanum suchend, weil das letztere dem Verkehrsbedürfniss nicht mehr genügen kann, und führt einen immer steigenden Verkehr von Personen und Gütern den Haupt-Verkehrsadern zu, die immer grösserer Anstrengungen bedürfen, um ihre Länder- und Weltenverbindende Aufgabe erfüllen zu können — wahrlich eine Entfaltung der Verkehrsmittel, eine Vielseitigkeit der Wege zur Anpassung der Art des Transportes an das Bedürfniss des Verkehrs, eine Entwicklung wirthschaftlicher und technischer Thätigkeit, die nicht treffender bezeichnet werden kann, als mit dem Wort unseres jugendlichen Kaisers: „Unsere Zeit steht unter dem Zeichen des Verkehrs!“

Hier ist es wohl am Platze, Rechenschaft zu geben, wie denn augenblicklich die Chancen des im Eingange bezeichneten Kampfes zwischen dem Rad und seiner Bahn liegen. Wenn nicht alle Zeichen trügen, so stehen wir wieder nahe vor einem Wendepunkte, an welchem dem Rad ein neuer maassgebender Einfluss an der Steigerung der Verkehrsthätigkeit zufallen wird.

Der in den letzten zwei Jahrzehnten wesentlich verbesserte und gekräftigte Oberbau unserer Eisenbahnen rüstet sich augenblicklich, mit der Goliath-Schiene und ihrer Winkellaschen-Verbindung, die sich mit der den Schienen-

fuss umspannenden Platte dem schmiedeeisernen Stuhl immer mehr nähert, zum letzten Kampfe mit der 80 T-Lokomotive und der 100 km-Geschwindigkeit, sowie dem 10 T-Raddruck, welchen die in Chicago ausgestellten Erzeugnisse amerikanischer Lokomotivbaukunst demnächst auch bei uns erwarten lassen — dann aber dürfte, wenigstens in Bezug auf Zugsgeschwindigkeit, die Leistungsfähigkeit unserer jetzigen Maschinen und wohl auch diejenige unseres Oberbaues an einer Grenze angelangt sein, deren Ueberschreitung ohne Veränderung unserer nun einmal in der Hauptsache feststehenden Spur- und Raumverhältnisse nicht mehr möglich ist. „Die unmittelbare Abhängigkeit der Kolbenbewegung von der Umlaufzeit der Triebäder, der nachtheilige Einfluss des treibenden Gestänges auf die inneren Reibungswiderstände und den Gang der Maschine und endlich die Unmöglichkeit, das volle Gewicht der Maschine und ihres Tenders für die Adhäsionskraft auszunutzen, sind Uebelstände, die — weil in ursächlichem Zusammenhange mit der ganzen Wirkungsweise der Maschine stehend — nicht zu beseitigen sind und eine weitere Steigerung der Geschwindigkeit unthunlich erscheinen lassen.“*)

Aber schon macht sich allenthalben in der Technik der Einfluss einer neuen Kraftausnutzung auf elektromagnetischem Wege geltend, die Heilmann-Lokomotive hat soeben zwischen Havre und Beuzeville-Breauté ihre ersten Probefahrten mit 98 km Geschwindigkeit geleistet und die Entwicklung des elektrischen Hoch- und Tiefbahnverkehrs amerikanischer und englischer Grossstädte zeigt die Vortheile der Uebertragung von einer stehenden Kraftquelle auf das rollende Rad bei grösstmöglicher Steigerung der Geschwindigkeit. Ueberall tauchen Projekte zur Verbindung von Städten mittelst besonderer, elektrisch betriebener Spurbahnen auf und mit gespannter Erwartung sehen wir der in den nächsten Wochen bevorstehenden Eröffnung der elektrischen Bahn St. Louis-Chicago entgegen, auf welcher besonders grosse Geschwindigkeiten zur Anwendung gelangen sollen. Das zwanzigste Jahrhundert bereitet sich, das Zeitalter des Dampfes abzulösen und wirft sein strahlendes Licht schon auf die letzten Tage des zur Rüste gehenden Jahrhunderts!

In welcher Weise aber auch die fernere Entwicklung unserer Verkehrswege und des Radbetriebes auf denselben erfolgen möge, sie wird sich immer in der Richtung bewegen müssen, wie ihre Vorläufer sie begonnen haben, sie wird vor Allem auf den Erfahrungen und Errungenschaften unserer Zeit weiterbauen müssen. An dieser zwangsläufigen

*) H. Brüning, Heilmanns elektrische Lokomotive. Zeitschr. des Vereins Deutscher Ingenieure, 1894, No. 30.

Entwicklung, die jedem Menschenwerk anhaftet, kann auch der Eingriff theoretischer Erwägungen und wissenschaftlicher Durchdringung nicht viel ändern — der Theorie wird auf diesem Gebiete die Aufgabe zufallen, den Weg, den die Praxis instinktiv genommen hat, nachträglich zu beleuchten und zu begründen und die Fehler, die sich dabei eingeschlichen haben, zu berichtigen; sie wird anregend und verbessernd, nie aber schöpferisch zu wirken im Stande sein, sie ist das klärende Licht bei der Arbeit, aber sie thut nimmermehr die Arbeit selbst.

Und wenn ich nun heute mit einem erklärlichen Zagen den Lehrstuhl betrete, auf dem ein Köpcke und ein Mohr mit so vielem Erfolg gewirkt haben, so tröstet mich dabei das Bewusstsein, den wichtigsten Theil derjenigen Entwicklung, deren Gang ich Ihnen soeben vorgeführt habe, praktisch mit durchlebt zu haben und meinen Hörern neben den Lehren unserer theoretischen Meister aus dem Geiste dieser Praxis Fingerzeige an die Hand geben zu können, die sie zum eigenen Schaffen und Weiterarbeiten ermuntern und befähigen sollen.

Dem Senat unserer Hochschule und dem Königlichen Kultusministerium aber bin ich dankbar dafür, dass sie den Kreis meines Lehrauftrages um ein Fach erweitert haben, das damit an unserer Hochschule zum ersten Male mit dem Lehrstuhl für Strassen- und Eisenbahnbau vereinigt wird.

Das Trassiren, wie es sich nach den Arbeiten von Launhardt in Bezug auf die kommerzielle Bedeutung der Verkehrswege und nach denjenigen von Schübler, Plessner, Koch und Anderen in Bezug auf die ökonomische Gestaltung der Verkehrs- und Betriebsverhältnisse zu einer selbstständigen Wissenschaft entwickelt hat, für welche die Geodäsie zur grundlegenden Hilfswissenschaft geworden ist, es gehört in das Fach des Bauingenieurs, dem es die Mittel an die Hand geben soll, die technische Aufgabe der Wahl einer neuen Verkehrslinie und des für dieselbe geeignetsten Transportmittels vom wirthschaftlichen Standpunkt aufzufassen und soviel als thunlich die hierbei in Frage kommenden Verhältnisse der oberflächlichen

Schätzung zu entziehen und auf mathematischem Wege zu begründen*).

Die Vorlesungen über Trassiren werden die Möglichkeit bieten, den Studierenden gleich beim Eintritt in das Studium des Baues der Verkehrswege gewissermaassen auf eine Höhe zu führen, von der aus er im Stande ist, das Gesamtgebiet der Fragen, um welche es sich hierbei handelt, zu überschauen, den Einfluss der Anlage von Verkehrswegen und der Vervollkommnung der Transportmittel auf die wirthschaftliche Entwicklung des Verkehrsgebietes zu beurtheilen und den Maassstab kennen zu lernen, nach dem die Bauwürdigkeit der Trasse in Berücksichtigung der zu erwartenden Kosten des Betriebes abzuschätzen ist, an der Hand der hierbei zu gewinnenden Trassirungselemente endlich die Trasse selbst aufzusuchen und unter Verwendung der von ihm an anderer Stelle erlangten geodätischen Kenntnisse in das Projekt zu übertragen.

Er wird dann mit ganz anderem Verständniss zu den technischen Detailstudien selbst übergehen können, weil er immer den Zweck derselben und das Maass der zu erzielenden Vortheile vor Augen haben kann, und sich den offenen, alle einschlagenden Verhältnisse unseres Kulturlebens umfassenden Blick verschaffen und erhalten, den der Ingenieur in Anbetracht der grossen Aufgaben, die seiner in der Praxis warten, desto mehr gebraucht, je mehr bei der Steigerung aller Ansprüche, die eine neue Zeit an die Vervollkommnung der Verkehrsmittel stellt, die der Technik gestellten Anforderungen gewachsen sind.

Kann ich dann meine Zuhörer mit der Liebe und Begeisterung für unser Fach, die ich mir aus meinen eigenen Lebenserfahrungen beim Bau, dem Betrieb und der Verwaltung unserer Transportanstalten bewahrt habe, den Weg durch alle Zweige des mir anvertrauten Lehrfaches hindurchführen, so hoffe ich, dass dereinst aus ihnen Männer werden, die — wie sie mit voller Hingabe an die grossen Aufgaben eines neuen Jahrhunderts herantreten — sich eine dankbare Erinnerung an die Zeit bewahren, auf deren ehrliche Arbeit sich die Werke einer neuen Zeit aufbauen sollen! —

*) Launhardt, Theorie des Trassirens.

Zur Stellung der künftigen Stadtbauräthe in Leipzig.

Von

Professor **A. Frühling** in Dresden.

Nicht geringes Aufsehen unter den Fachgenossen unseres engeren Vaterlandes haben die Verhandlungen hervorgerufen, welche am 3. Oktober 1894 in der Versammlung der Leipziger Stadtverordneten über die Anstellung von Stadtbauräthen gepflogen wurden. Zwar beschränken sich dieselben vorzugsweise auf Leipziger Verhältnisse; doch sind die bei dieser Gelegenheit ausgesprochenen Anschauungen von so allgemeinem Interesse, dass es gerechtfertigt erscheint, auf dieselben an dieser Stelle etwas näher einzugehen.

Bekanntlich sind die Bedingungen, unter denen die obersten technischen Leiter der städtischen Bauämter ihre Thätigkeit ausüben, keineswegs in allen Theilen des deutschen Reiches die nämlichen; vielfach wechseln sie sogar innerhalb der einzelnen deutschen Staaten. Was Preussen betrifft, so besteht in den altpreuussischen Provinzen Sachsen, Brandenburg, Schlesien, Pommern, Posen, Ost- und Westpreussen schon seit Erlass der v. Stein'schen Städteordnung vom Jahre 1808 kein Unterschied zwischen den Stadtbauräthen und den übrigen Magistratsmitgliedern; einzelne andere Landestheile (u. a. Hannover) haben sich dieser Einrichtung angeschlossen, während z. B. in der Rheinprovinz und Westfalen die Stadtbauräthe Gemeindebeamte sind und als solche dem Magistrat unterstehen. Mehrfache Bestrebungen, hier eine Aenderung herbeizuführen, haben bisher nur wenig Erfolg gehabt; einer der letzten Schritte ist der im vergangenen Herbst gefasste Beschluss des Architekten- und Ingenieur-Vereins für Niederrhein und Westfalen, wonach den Fachgenossen dringend empfohlen wird, die Stelle eines städtischen Bauraths nur unter der Bedingung anzunehmen, dass derselbe zugleich dem Magistrat oder Rath als vollberechtigtes Mitglied angehört. In den übrigen deutschen Staaten herrschen ebenfalls ungleiche Verhältnisse; speziell in Sachsen sind bisher Dresden, Chemnitz, Plauen, Zwickau, Freiberg und Meerane dem altpreuussischen Vorbilde gefolgt. Die guten Erfahrungen, welche in diesen Städten gemacht wurden, veranlassten im vorigen Jahre die Leipziger Stadtverordneten, die gleiche Einrichtung bei dem dortigen Rathe anzuregen. Letzterer hat daraufhin einen Nachtrag zum Ortsstatut sowie zum Pensions-Regulativ der Stadt entworfen und ihn den Stadtverordneten zugehen lassen, welche die Angelegenheit nach Begutachtung durch den Verfassungs- und Finanzausschuss in der erwähnten Sitzung vom 3. Oktober v. J. zur öffentlichen Verhandlung brachten.

Aus diesem Entwurf — dessen wörtliche Wiedergabe hier füglich unterbleiben kann — sei hervorgehoben, dass zunächst zwei Stadtbauräthe (für Hoch- und Tiefbau) als technische Rathsmitglieder angestellt werden sollen (§ 2). Die Ernennung erfolgt durch den Rath unter Zustimmung der Stadtverordneten (§ 3) und zwar zunächst auf sechs Jahre. Erfolgt Wiederwahl, so bleiben die Bauräthe im Amte, sofern ihnen nicht vom Rathe gekündigt wird. Die Kündigung kann jedesmal nur nach Ablauf von sechs Jahren erfolgen; sie muss vom Plenum geschehen und spätestens ein halbes Jahr vorher erklärt werden (§ 4). Die technischen Rathsmitglieder erhalten volle Stimmberechtigung in Gegenständen ihres Wirkungskreises (§ 5); erfolgt ihre Wiederwahl nicht nach sechs Jahren, so wird ein Drittel ihres Gehalts als Pension gewährt; im Uebrigen wächst dieser Betrag vom sechsten bis zum zwölften Dienstjahre jährlich um 1 %, von da ab um 2 % bis zum Höchstbetrage von 80 % des Dienst Einkommens (§ 7).

Diese Bestimmungen unterscheiden sich in wesentlichen Punkten von denjenigen, welche für die übrigen Rathsmitglieder Geltung haben. Letztere werden nicht durch den Rath ernannt, sondern durch die Stadtverordneten gewählt. Eine Wiederwahl nach sechs Dienstjahren sichert ihnen ihre Stellung auf Lebenszeit, die Nichtwiederwahl eine Pension von der Hälfte ihres Gehalts; ihr Stimmrecht erstreckt sich auf alle zur Abstimmung gebrachten Vorlagen.

Eine Vergleichung beider Bestimmungen fällt sehr zu Ungunsten der Stadtbauräthe aus. Diese würden nach Annahme der Rathsvorlage Beamte des Rathes bleiben, mit dem einzigen grundsätzlichen Unterschiede, dass ihnen das Zugeständniss gemacht ist, ihre Angelegenheiten vor den städtischen Körperschaften vertreten zu dürfen. Sie ständen deshalb dem Rathe wohl näher, als die übrigen Unterbeamten*) des Rathes, wären aber keineswegs Mitglieder desselben im Sinne der Städteordnung; vielmehr hätten sie die übrigen Stadträthe als eine Art von Oberkollegen zu betrachten.

In Bezug auf diesen letzten Punkt wird übrigens von

*) Die für Leipzig gültige „Revidirte Städteordnung“ kennt ausser den Rathsmitgliedern nur Unterbeamte des Rathes.

hochgeschätzter sachverständiger Seite darauf aufmerksam gemacht, dass §§ 3, 4, 5 und 7 der Rathsvorlage mit den Bestimmungen der „Revidirten Städteordnung“ im Widerspruch stehen. Letztere unterscheide nur besoldete und unbesoldete Rathsmitglieder, stelle aber das Nähere bezüglich ihrer Wahl und Pensionirung durch bestimmte Vorschriften*) fest. Werde also § 2 der Vorlage, in welchem lediglich der Antrag auf Schaffung technischer Rathsstellen gestellt ist, angenommen, so ergebe sich das Weitere nach jenen Vorschriften von selbst — freilich nicht im Sinne der Rathsvorlage. Wenn diese unseres Erachtens sehr beachtenswerthe Bemerkung zutrifft, so bliebe für den Rath nur der Ausweg, entweder die Stadtbauräthe nicht mehr als technische Rathsmitglieder, sondern als Rathsb Beamte zu bezeichnen oder sie dem Antrage der Stadtverordneten gemäss zu wirklichen Rathsmitgliedern (sog. „Vollstadträthen“ im Gegensatz zu „Stadträthen zweiter Klasse“) zu machen. Die Bezeichnung würde sich dann also mit der Sache decken, was man im Interesse derselben nur willkommen heissen könnte.

Nach diesen zur Klarstellung der Angelegenheit erforderlichen Mittheilungen gehen wir zu den Verhandlungen selbst über. Der Verfassungs- und Finanzausschuss hatte die Annahme der Rathsvorlage empfohlen: nach Mittheilung des Berichterstatters namentlich deshalb, weil bei der Einstimmigkeit, mit der die bezüglichen Rathsbeschlüsse gefasst wären, auf weitere Zugeständnisse vorläufig nicht zu rechnen sei. Neben dem Berichterstatter, welcher die Vorlage zu befürworten hatte, traten als Vertheidiger derselben insbesondere die Herren Oberbürgermeister Dr. Georgi und das Rathsmitglied Baurath Rossbach auf, während die Redner der Stadtverordnetenversammlung sich fast sämmtlich als Gegner der Vorlage zeigten.

Hatte schon der Berichterstatter Herr Stadtverordnetenvorsteher Dr. Schill betont, dass die Stellung der vom Rathe gedachten Bauräthe keine minderwerthige gegenüber den Vollstadträthen sein solle, so wurde diese Versicherung von Herrn Dr. Georgi mit Nachdruck wiederholt und auch Herr Stadtrath Rossbach trat der mehrfach verlauteten Idee einer Kränkung des technischen Standes entgegen: immer werde es eine Ehre bleiben, Beamter der Stadt Leipzig zu sein. Was die einzelnen oben erwähnten Bestimmungen der Vorlage betrifft, welche auf den ersten Blick so wesentlich zu Ungunsten der Techniker zu sprechen scheinen, so hob der Herr Oberbürgermeister hervor, dass die Möglichkeit der Kündigung der technischen Stadträthe durch den Rath gerade in deren Interesse festgesetzt sei. Stelle man den Grundsatz auf, dass man allemal den Technikern, auf deren Rath man angewiesen sei, das volle Stimmrecht geben müsse, so schaffe man eine ganz veränderte politische Verfassung und drücke dadurch den Begriff des Ehrenamts innerhalb des Rathes herab. Er glaube, man handle nur im Sinne der Techniker, wenn man ihnen Stimmberechtigung auf ihrem weiten Arbeitsfelde gebe, sie aber mit

allen anderen Fragen verschone, an denen sie doch nur wenig Interesse haben. Ueberdies fehle ihnen auch die Zeit, durch Theilnahme an den Ausschuss- und Abtheilungssitzungen sich einen Ueberblick über die Gesamtgeschäfte zu verschaffen. — Herr Stadtrath Rossbach hält gleichfalls eine Kündigungsmöglichkeit der technischen Rathsmitglieder für durchaus erforderlich. Ein Missverhältniss zwischen den juristischen und technischen Mitgliedern wegen der Verschiedenheit im Stimmrecht sei nach seiner Ansicht ausgeschlossen. —

Soviel über die Vertheidigung der Vorlage durch den Berichterstatter und die Mitglieder des Rathes, wobei vorläufig von den Aeusserungen über die später zu besprechende Qualifikation der Stadtbauräthe abgesehen ist. Man wird darin eine Begründung der verschiedenartigen Pensionssätze der technischen und der übrigen besoldeten Rathsmitglieder vermissen und sich auch wohl nur schwer damit einverstanden erklären können, dass die Möglichkeit der Kündigung der Bauräthe ein Vorzug der neu zu schaffenden Stellung sein soll. Sieht man über diese immerhin wichtigen Punkte vorläufig hinweg, so bleibt als bemerkenswerthester Bestandtheil der Rathsvorlage die Bestimmung übrig, nach welcher die Stadtbauräthe nur in ihren eigenen Angelegenheiten Stimmrecht erhalten sollen.

Behufs gerechter Beurtheilung dieser Bestimmung darf nicht übersehen werden, dass durch Annahme des vorgelegten Entwurfs die gegenwärtige Stellung der obersten städtischen Baubeamten eine wesentliche Besserung erfahren würde.*) Da diese bisher ihre Arbeiten erledigt haben, ohne dass ihnen die Möglichkeit eigener Vertretung gegeben war, so ist es nicht schwer, sich die Aeusserungen über das den Technikern entgegengebrachte Wohlwollen und die Ansicht des Rathes zu erklären, dass das Stimmrecht derselben auf ihrem eigenen Gebiet vollkommen ausreichen werde. Es unterliegt auch keinem Zweifel, dass sich jederzeit Fachgenossen finden dürften, die bereit sind, die Stelle eines städtischen Bauraths anzunehmen, selbst wenn damit gar keine Stimmberechtigung verknüpft sein sollte. Die Aussicht, neben den laufenden Dienstgeschäften auch noch Gelegenheit zur Lösung grösserer technischer Aufgaben zu finden, sowie eine ausreichende Gehaltsbemessung werden stets ihre Anziehungskraft ausüben. Es fehlt selbst nicht an Beispielen, dass der ausschliesslich technischen Thätigkeit der Vorzug eingeräumt und jede weitergehende Beschäftigung mit anderen städtischen Angelegenheiten als überflüssige Zugabe von der Hand gewiesen wird. Und wenn solche Beispiele in weiteren Kreisen bekannt werden, so darf man sich nicht über die vom Rathe aufgestellte Behauptung wundern, es werde den städtischen Bauräthen an der nöthigen Zeit fehlen, sich mit anderen Verhältnissen als mit denen ihres engeren Fachs vertraut zu machen und dass man ihnen mit der Beschränkung auf dasselbe einen Gefallen erweise.

Ob freilich eine solche Beschränkung im Interesse der Stadt liegt, muss mindestens als zweifelhaft bezeichnet werden.

*) §§ 86, 91, 95 der vorgenannten Städteordnung. § 136 lässt zwar Ausnahmen von einzelnen Vorschriften zu, doch dürften sich diese kaum auf die vom Rathe gemachten Vorschläge erstrecken.

*) Gegenwärtig sind z. B. nach § 2 des Ortsstatuts vom 3. Januar 1885 die juristischen Rathsb Beamten schon nach zwei, die technischen erst nach 25 Jahren unkündbar.

Man darf wohl behaupten, dass es bei der heutigen Entwicklung der grösseren Städte keinen Zweig der Verwaltung giebt, der die Fortschritte der Technik ungestraft übersehen darf. Die Fragen über die zweckmässigste Reinigung, Wasserversorgung, Entwässerung und Beleuchtung der Städte, über die Anlage und den Betrieb von Strassenbahnen, den Bau von Markthallen, Schlachthäusern, Krankenanstalten und Brücken, die Befestigung und Unterhaltung der städtischen Strassen, die Aufstellung von Bebauungsplänen und Fluchtlinienregulirungen, die Unterbringung der Abfallstoffe und viele andere bestanden noch zu Beginn der siebziger Jahre entweder gar nicht oder sie hatten eine so untergeordnete Bedeutung, dass sie in der einfachsten Weise behandelt werden konnten. Heute schneiden alle jene Fragen tief in die verschiedensten Verwaltungsgebiete ein und es ist nicht anzunehmen, dass der gegenwärtige Zustand nur ein vorübergehender sein werde. Soll der städtische Baurath diesen gesteigerten Ansprüchen Rechnung tragen, so muss er vor allen Dingen von den Absichten und Anschauungen der beteiligten Einzelverwaltungen genügend unterrichtet sein; er muss schon an der Quelle der Beschlüsse den technischen Gesichtspunkten rechtzeitig Geltung verschaffen und an der Bildung der ihm zufallenden Aufgaben mitarbeiten können, statt diese abzuwarten und auf den umständlichen schriftlichen Weg sowie auf die oft ganz unzureichende Aufklärung aus den Akten angewiesen zu sein. Eine solche Information ist nach unseren langjährigen Erfahrungen nur durch eine lebendige Antheilnahme an allen Verwaltungszweigen möglich; sie bildet das einzige Mittel, um den Blick genügend zu erweitern und eine gewisse Stetigkeit und Ruhe in die Entwicklung der technischen Angelegenheiten zu bringen. Der Gewinn, der auf diese Weise der Stadt entsteht, ist um Vieles höher zu schätzen, als das der Theilnahme an den Sitzungen gebrachte Zeitopfer. Im Uebrigen wird dasselbe nach unserer Meinung viel zu hoch veranschlagt; denn auch alle anderen besoldeten Stadträthe haben jenen Sitzungen beizuwohnen und daneben die Geschäfte ihrer eigentlichen Abtheilung abzuwickeln. Auch darf nicht übersehen werden, dass es schon in mittelgrossen Städten dem Baurath nicht mehr möglich ist, alle technischen Leistungen durch seine Person allein zu erzeugen. Er bedarf hierzu ohnedies entsprechender Hilfskräfte, während ein wesentlicher Theil seiner Thätigkeit durch die Oberleitung in Anspruch genommen wird. Dass es aber für die Stadt nur von Vortheil sein kann, wenn die für jene Oberleitung massgebenden Gesichtspunkte nicht beschränkt, sondern thunlichst erweitert werden, bedarf keines näheren Beweises.

Zudem unterliegt es wohl kaum einem Zweifel, dass der gebildete Techniker der Gegenwart ganz besonders berufen ist, in der gesammten städtischen Verwaltung eine segensbringende Thätigkeit zu entwickeln. Mehr als in irgend einer anderen der gelehrten Berufsarten ist seine Ausbildung auf die Erkennung der Ziele und Zwecke des praktischen Lebens, auf die Entfaltung einer schöpferischen Thätigkeit gerichtet. Die ihm hierdurch zur zweiten Natur gewordenen Anschauungen bilden eine glückliche Ergänzung der Thätigkeit des juristisch gebildeten Verwaltungsbeamten, bei dem das formale Element naturgemäss überwiegt. Die Ansprüche der jetzigen Kultur, die in den Grossstädten zu

ihrer höchsten Blüte gelangt, die immer stärkere Durchtränkung aller Gebiete mit technischen Aufgaben verlangen geradezu die lebendige Mitwirkung technischer Verwaltungsbeamten, die kein grosses Städtewesen auf die Dauer entbehren kann, wenn es nicht an seiner Entwicklung Schaden nehmen will.

Sicherlich ist es in erster Linie die Erwägung dieser Umstände gewesen, welche die vorwiegend aus Männern des praktischen Lebens bestehende Leipziger Stadtverordnetenversammlung zur Stellung ihres Antrags bewogen hat. Dass dazu auch noch die Absicht getreten sein mag, den Stadtbauräthen zu einer ihrer Thätigkeit entsprechenden Stellung innerhalb des Rathes zu verhelfen, entspricht durchaus der Anschauung, welche sich die öffentliche Meinung schon längst über die Bedeutung der Techniker in der Gegenwart gebildet hat. In dieser Beziehung besteht keinerlei Unterschied zwischen den altpreussischen und den übrigen deutschen Städten: es ist also auch der Wunsch gerechtfertigt, die Stellung und das Ansehen, welches die obersten städtischen Techniker in jenen längst geniessen, auch auf diese zu übertragen. Sollte sich dieser Wunsch nicht erfüllen, so wird sich die Leipziger Stadtverwaltung mit dem Gedanken vertraut machen müssen, dass zahlreiche tüchtige Kräfte auf die Bewerbung um eine Stadtbaurathsstelle verzichten werden.

Nicht ganz so wichtig, als die Erörterung über die Stellung der Stadtbauräthe ist die Frage, ob für die Bewerber die Ablegung der höheren Staatsprüfung im Baufach zur Bedingung zu machen sei. Der Rath der Stadt Leipzig hat sie verneinend beantwortet, indem nach § 2 der Vorlage die zu schaffenden Rathsstellen lediglich von „Sachverständigen“ besetzt werden sollen. Die stattgefundenen Verhandlungen geben keine nähere Begründung dieser Auffassung, wenn man nicht eine Aeusserung des Herrn Baurath Rossbach als solche gelten lassen will. Derselbe legt auf die Nothwendigkeit der bestandenen Staatsprüfung keinen Werth, weil doch nur ältere erfahrene Männer in Frage kommen können, und es lässt sich wohl annehmen, dass diese Anschauung auch derjenigen des Rathes entspricht.

Man kann Herrn Rossbach ohne Weiteres darin zustimmen, dass erst die Erfahrung, aus welcher sich in Verbindung mit dem „Wissen“ das technische „Können“ergiebt, die eigentliche Reife des Technikers bedingt. Auch liegen so zahlreiche hervorragende Leistungen sowohl geprüfter wie ungeprüfter Ingenieure und Architekten vor, dass es schwer wird, einer der beiden Gruppen die Palme zuzuerkennen. Der Wettbewerb auf dem Markte des Lebens veranlasst eben eine Anspannung der geistigen Arbeitskraft, welche den durch das Examen ursprünglich gewonnenen Vorsprung oft genug ausgleicht und vielfach überholt. Diejenigen ungeprüften Fachgenossen freilich, welche auf diesem Wege zu Erfolgen gekommen sind, werden nur ausnahmsweise als Bewerber für Stadtbaurathsstellen auftreten. Einmal sichert ihnen die in ihrer Thätigkeit gewonnene geschäftliche Erfahrung meistens eine höhere Einnahme; andererseits ist ihnen die Unabhängigkeit zu werthvoll gegenüber einer Stellung, welche häufig genug die Unterordnung der eigenen Meinung unter einen Mehrheits-

beschluss erfordert. — Gleichwohl lässt sich nicht in Abrede stellen, dass ein grosser Theil der Privattechniker lediglich ihres lückenhaften Wissens wegen den Prüfungen aus dem Wege gegangen ist, und dass den weitgehenden Anforderungen derselben nur bessere Köpfe zu genügen vermögen.

Ist demnach die Auswahl unter denjenigen, welche sich ohne das kräftige Hilfsmittel der Staatsprüfungen eine angesehene Stellung errungen haben, von vorn herein eine beschränkte, so sprechen die zahlreichen Wechselbeziehungen zwischen städtischen und staatlichen Behörden dafür, sich möglichst an die bei letzteren gültigen Bestimmungen anzulehnen. Insbesondere gilt dies für die grösseren Städte, für deren oberste Techniker eine den Staatsbaubeamten gleichkommende Qualifikation dringend erwünscht bzw. nothwendig ist. So lange diese von der Ablegung einer Staatsprüfung abhängig gemacht wird, muss letztere auch von den Stadtbauräthen verlangt werden. Von diesem Gesichtspunkte aus fordern denn auch die meisten grossen und mittleren deutschen Städte — zum Theil schon seit vielen Jahren — dass die besoldeten Raths- bzw. Magistratsmitglieder sämmtlich die Staatsprüfung bestanden haben, gleichviel ob es sich um juristische oder technische Stadträthe handelt. Ferner ist es immer mehr üblich geworden, nur solche Stadtbauinspektoren und Stadtbaumeister anzustellen, welche die Qualifikation zum Regierungsbaumeister besitzen. Bei der Bedeutung, welche dem Prüfungswesen gegenwärtig in allen höheren (und auch in den meisten niederen) Staatslaufbahnen beigelegt wird, und bei den Anschauungen des gebildeten Theiles der Bevölkerung kann man sich hiermit nur einverstanden erklären, selbst wenn man jene Anschauungen nicht ganz theilen sollte. Eine Ausnahme empfiehlt sich nur dann, wenn Bewerber in Frage kommen, deren bisherige Leistungen so hoch stehen, dass sie jeden anderen Befähigungsnachweis überflüssig erscheinen lassen. Dies wird am ersten bei Architekten der Fall sein können, da bei ihnen die ausserhalb

des Rahmens der Prüfungen liegende künstlerische Begabung eine wesentliche Rolle spielt.

Wenn nun auch durch Ablehnung der Rathsvorlage mit 32 gegen 24 Stimmen die Sache selbst zunächst erledigt ist, so darf doch gehofft werden, dass eine erneute sachliche Erwägung zu einer Verständigung der beiden städtischen Kollegien führen wird. Hoffentlich bleibt dabei das persönliche Moment ausser Einfluss, welches leider durch den bisherigen Verlauf der Angelegenheit entstanden ist und zu weite Kreise gezogen hat, als dass es ganz mit Stillschweigen übergangen werden könnte. Der Umstand, dass der als hervorragender Privatarchitekt bekannte Baurath Rossbach zugleich Mitglied des Leipziger Rathskollegiums ist, durfte die sächsischen Fachgenossen hoffen lassen, es werde der Antrag der Stadtverordneten eine ebenso warme wie sachverständige Vertretung in der Rathsstube finden. Wenn man nun aus den Verhandlungen vom 3. Oktober v. J. ersieht, dass die Rathsbeschlüsse mit Einstimmigkeit gefasst sind, wenn Herr Rossbach sich ferner offen als Gegner jenes Antrages zu erkennen giebt und hinzufügt, es sei Sache der Techniker, ob sie derartige Stellungen (d. h. ohne die Eigenschaft eines vollberechtigten Rathsmitgliedes) annehmen wollen oder nicht, so darf das Platzgreifen einer Missstimmung gegen einen sonst hoch geschätzten Fachgenossen nicht verwundern. Andererseits ist anzunehmen, dass Herr Rossbach von seinem Standpunkte aus in der That im Interesse der künftigen Stadtbauräthe zu wirken geglaubt hat, wobei vielleicht berücksichtigt werden muss, dass ihm vorzugsweise die bisherigen Verhältnisse in Leipzig, weniger diejenigen in den oben genannten Städten geläufig sind. Wir vermögen deshalb die Hoffnung nicht aufzugeben, dass eine abermalige Berathung den unerwartet erstandenen Gegner des Antrages der Stadtverordneten in einen Freund desselben umwandeln und dem Antrage selbst im Rathskollegium zum Siege verhelfen werde.

Literarische Besprechungen.

Strassenbaukunde von Ferdinand Löwe, Professor d. Ingenieur-Wissenschaften an der königl. bair. technischen Hochschule zu München. Wiesbaden, Kreidel's Verlag 1895.

Seitdem in der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts die Eisenbahnen zur Einführung gelangten, ist der Strassenbau in ein merklich anderes Stadium getreten.

Die Strassenbaukunde, welcher der Eisenbahnbau die Erziehung und Heranbildung seiner ersten Ingenieure zu danken hatte, die erst zu Anfang dieses Jahrhunderts, von Frankreich ausgehend, einen mächtigen Aufschwung gefunden und ganz wesentlich zur Verbesserung der Verkehrsverhältnisse unserer Kulturstaaten beigetragen hatte, sie musste eine Zeitlang zurücktreten vor dem mächtigen Einfluss, welchen das neue Verkehrsmittel auf die ganze Entwicklung unserer Verkehrsanlagen ausübte und die erst kurz vorher mit grossem Kostenaufwand ausgeführten Hauptstrassen begannen zu veröden, die Beachtung der beim Bau der Strassen gewonnenen Grundsätze und Erfahrungen an Bedeutung zu verlieren. Zu einer Unterdrückung des Strassenbaues konnte diese Veränderung zwar nicht führen, wohl aber zu einer Verschiebung der Verhältnisse, durch welche die Strassen zu Saugadern des Verkehrs für die Eisenbahnen wurden und die Konzentrirung des Verkehrs in den grossen Städten eine viel wichtigere als bisher, dem Strassenbaumeister aber die Aufgabe gestellt wurde, die von ihm zu erbauenden Strassen unter Benutzung der höheren wissenschaftlichen Erkenntniss und der grösseren Vervollkommenung technischer Hilfsmittel auf die Höhe der zeitgemässen Anforderungen zu bringen.

Damit ergab sich zugleich die Nothwendigkeit, durch die thunlichst rationelle Benutzung des Geländes und ein eingehendes Studium der für die Strassen in Betracht kommenden Zugkräfte mit dem möglichst geringen Kostenaufwand Anlagen zu schaffen, die eine höhere und zweckentsprechende Ausnutzung der thierischen Zugkräfte ermöglichten und für viele Fälle sogar die spätere Einführung maschineller Zugkraft auf der Strasse vorbereiteten, die Anpassung der Trasse sowohl als der Bauart der Strasse an das mit der grösseren Nähe der Verkehrs-Zentren stets wachsende und entwickelte Verkehrsbedürfniss aber führten zu einer weit grösseren Mannigfaltigkeit der Anwendung technischer Hilfsmittel.

Das Löwe'sche Werk steht voll auf der Höhe dieser Aufgabe, es ermöglicht dem Studirenden durch geschickte Anwendung aller einschlagenden wissenschaftlichen Fragen das systematische Studium des ganzen Gebietes der Strassenbaukunde und bietet dem Praktiker gute und zweckmässige Zusammenstellungen der auf theoretischem und empirischem Wege gewonnenen Zahlen für den Bau und die Unterhaltung

der Strassen, indem es die Aufgabe des Strassenbaues auf die Höhe des neuesten Standes der Wissenschaft stellt und auf das Gebiet der städtischen Strassen ausdehnt.

Nach einer erschöpfenden, mancherlei interessante historische Angaben enthaltenden Einleitung theilt der Verfasser das von ihm behandelte Gesamtgebiet des Strassenbaues in fünf Hauptabschnitte, welche die Bodenkunde, die Fuhrwerkskunde, den Entwurf, den Bau und die Unterhaltung der Strassen betreffen.

Während die Bodenkunde auch für den nicht speziell im Strassenbau beschäftigten Ingenieur viele interessante Angaben über die äussere und innere Gestaltung des Erdbodens bringt und mit einer Zusammenstellung der Ergebnisse wissenschaftlicher Untersuchungen über die Reibung und Kohäsion der Bodenarten schliesst, giebt die Fuhrwerkskunde eine erschöpfende Zusammenfassung der Literatur über die Strassenfuhrwerke und ihre Bewegungswiderstände, in welcher besonders auf die bekannten französischen Versuche von Morin und Dupuit Bezug genommen und ein reiches Material an Quellen unter Anführung der betr. landespolizeilichen Vorschriften geliefert wird.

Der Abschnitt über den Entwurf der Strassen beginnt mit der Vorführung der geistreichen Launhardt'schen Untersuchungen über kommerzielle Trassirung und stellt den Leser mit den erforderlichen Angaben für die technische Trassirung allenthalben auf den neuesten Stand der wissenschaftlichen Hilfsmittel. Die Kapitel über den „Grundriss“, „Aufriss“ und „Querschnitt“ der Strassen bieten willkommene Gelegenheit, den Einfluss der Krümmungen und Steigungen auf die Benutzung der Strassen, bez. die Bedingungen, welche durch letztere für die ersteren gegeben sind, zu erörtern und damit die rationellsten Verhältnisse für Strassen sowohl ausserhalb, als innerhalb der Städte zu begründen. In einem zweiten Theil dieses Abschnittes wird die Bearbeitung eines Strassenentwurfs von der Aufsuchung der Trasse bis zur speziellen Bearbeitung und Veranschlagung des Entwurfs durchgeführt.

Der Hauptabschnitt über den Bau der Strassen zerfällt in vier Theile, welche den Unterbau, die Kunstbauten, den Oberbau und die Nebenanlagen behandeln, und enthält einen besonderen Abschnitt über die Gütebestimmung der Strassen-Materialien, dessen auf einem reichen Quellenmaterial beruhende Angaben wohl bisher noch nirgends in solcher Vollständigkeit geboten worden sind.

Auch der letzte Theil, die Unterhaltung der Strassen, steht mit seinem reichhaltigen Inhalt vollkommen auf der

Höhe der gestellten Aufgabe: eine erschöpfende Darstellung des derzeitigen Standes der Strassenbaukunde zu geben.

Alles in Allem kann das Löwe'sche Werk als muster-giltig sowohl in der Anordnung des behandelten Stoffes,

wie in der gewissenhaften Gründlichkeit der Ausführung desselben bezeichnet und allen Fachgenossen sowohl für das Studium als auch für die Ausführung von Strassenbauten warm empfohlen werden.
v. Oer.

Die Maschinen-Elemente. Ihre Berechnung und Konstruktion mit Rücksicht auf die neueren Versuche, von C. Bach, Professor des Maschinen-Ingenieurwesens an der K. Technischen Hochschule Stuttgart. Dritte, ergänzte Auflage mit in den Text gedruckten Abbildungen und 45 Tafeln. Stuttgart 1894. Verlag der J. G. Cotta'schen Buchhandlung Nachfolger.

Die zweite Auflage dieser bedeutsamen Arbeit, welche im Jahre 1892 vollständig erschienen war, ist rasch vergriffen worden. Es wird daher Mancher dem geschätzten Verfasser dankbar sein, dass derselbe die dritte Auflage so bald folgen liess.

Obwohl diese dritte Auflage gegenüber der zweiten nicht wesentlich geändert erscheint, so haben doch viele

Kapitel werthvolle Ergänzungen erfahren, von denen nur die mehrfachen interessanten Mittheilungen von der Ausstellung in Chicago 1893 hervorgehoben werden mögen.

Trotzdem der Preis der neuesten Auflage ein geringerer ist, als derjenige der zweiten, ist die Ausstattung derselben eine ebenso vorzügliche.
W. Z.

R. Labes, Königl. Reg.-Baumeister, Tafeln zur Bestimmung der Querschnitte gewalzter eiserner Träger für Hochbauten. Unter Berücksichtigung aller vorkommenden Belastungsarten. Mit Holzschnitten. Berlin. Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn. 1893.

Die Hilfstabellen, die bei der statischen Berechnung von walzeisernen Trägern für Hochbauzwecke zur Verfügung stehen, unterscheiden zumeist nur die beiden Hauptfälle gleichmässig vertheilter und in der Mitte konzentrierter Belastung. In den durchaus nicht seltenen Fällen, dass nur ein Theil des Trägers durch einen Mauerschäft (im rechtwinkligen Anschluss an die Auflagermauer) oder durch einen isolirten Mauerpfeiler (z. B. zwischen zwei über dem Träger befindlichen Thür- oder Fensteröffnungen) belastet wird, macht sich eine ziemlich umständliche Rechnung erforderlich, wenn man sich nicht mit einem angenäherten Verfahren durch Benützung der Schwerpunktprojektion jener Mauerkörper begnügt. Auf Grund dieser Abkürzung werden z. B. in dem bekannten Musterbuch von Scharowsky für ein, zwei, drei und fünf konzentrirte Lasten, die in gewissen Bruchtheilen der freitragenden Länge den Träger belasten, ebenso viele Koeffizienten angegeben, mit denen der Tabellenwerth für gleichmässig vertheilte Belastung bei gleicher Freilage zu multiplizieren ist, um der veränderten Inanspruchnahme des Trägers zu entsprechen. Da die hierbei ermittelten Querschnitte zumeist grösser als unbedingt nöthig, ausfallen, so wird zwar die erforderliche Sicherheit durch dieses angenäherte Verfahren nicht gefährdet, wohl aber kann es unter Umständen (z. B. bei häufiger Wiederholung in demselben Neubau) zu nennenswerthen Ersparnissen führen, wenn die Wahl der Profile und damit die Trägergewichte auf das unbedingt nothwendige Mass beschränkt werden. Mit Hilfe der Labes'schen Tabellen ist dies möglich. Sie sind berechnet für freitragende Längen von 100—600 cm

mit Abstufungen von je 10 cm und berücksichtigen folgende Fälle: einseitige und zweiseitige Mauerschäfte, deren Breite um je 10 cm zunimmt, jede Modalität für sich durchgeführt; freistehenden Pfeiler für sich, sowie auch kombiniert mit Mauerschäften, endlich auch zwei freistehende Pfeiler. Ausserdem wird Anleitung gegeben, wie noch komplizirtere Fälle, z. B. mit verschiedenen spezifischen Belastungen, gleichfalls mit Hilfe der Tafeln gelöst werden können. Es ist nicht zu leugnen, dass der Gebrauch derselben in solchen Fällen, solange eine gewisse Routine fehlt, ziemliche Aufmerksamkeit erfordert; immerhin muss die Möglichkeit, derartige Aufgaben (deren Lösung mittelst einer allgemein gültigen Formel auch Referent — Seite 10 seiner „Formeln und Tabellen“ — früher als unausführbar bezeichnete) mit solcher Bequemlichkeit und genau zu erledigen, als ein Stück Columbasei bezeichnet werden. Den Weg dazu fand der Verfasser in dem Satze, dass W für jede Art der Belastung mit der spezifischen Belastung p proportional wächst. Die Tabellen enthalten nun die Werthe von W für alle angegebenen Fälle für $p = 1$ berechnet; sie stellen somit gewissermassen Koeffizienten dar, mit denen das gegebene p zu multiplizieren ist, um das gesuchte W zu finden. — Ausserdem zeigen dieselben Tabellen die Auflager-Reaktion (Grösse der Unterlagsplatten), die Lage des gefährlichen Querschnitts, und gesondert auch noch die Profile von Gewölbe- und Treppenträgern (für 750, 1000 und 1250 kg für 1 qm und $l = 1$ bis zu 4,50 und 8 m). Das Buch ist geeignet, beim Veranschlagen und Ausführen Zeit und Geld zu ersparen.
O. Gruner.

Vorträge über Graphische Statik mit Anwendung auf die Festigkeitsberechnung der Bauwerke von Wilh. Keck, Prof. a. d. Techn. Hochschule zu Hannover, als Anhang zu des Verfassers „Vorträgen über Elastizitätslehre“. Mit 83 Holzschnitten und 4 Tafeln. Hannover. Helwing'sche Verlagsbuchhandlung. 1894. (99 S.; Preis 3,50 M.)

Vorliegendes Buch bildet eine Ergänzung der etwa ein Jahr früher erschienenen „Vorträge über Elastizitäts-

lehre“ desselben Verfassers, über die bereits hier berichtet wurde. Der ganze Stoff zerfällt, nach einer kurzen Ein-

leitung, über die zweckmässige Ausführung geometrischer Zeichnungen, in die acht folgenden Abschnitte, über welche zugleich einige Worte gesagt seien: 1. Flächen-Verwandlung ebener Figuren; 2. Zusammensetzung von Kräften in einer Ebene. Der Verfasser spricht hier, wie im ganzen Buche, von „Krafteck“ und „Seileck“, während dafür in jüngerer Zeit anstatt der früher üblichen Worte „Kräfte- und Seilpolygon“ sich die Ausdrücke „Kräftezug oder Kräfteplan“ und „Seilzug oder Seillinie“ mehr eingebürgert haben, die auch besser der Entstehung dieser Gebilde entsprechen. Man vermisst hier weiter die allgemeine Bestimmung des Momentes beliebig gerichteter Kräfte für einen Punkt, eine Aufgabe, die allerdings im Gebiete der Ingenieurwissenschaften selten vorkommt, in einem Lehrbuche, der Vollständigkeit halber, aber wohl enthalten sein sollte. 3. Schwerpunkte, Trägheitsmomente und Zentrifugalmomente ebener Flächen. Bei Bestimmung der Trägheitsmomente ist nur das Verfahren von Mohr gegeben; die Verfahren von Culmann und Nehls finden keine Erwähnung. Ferner wird nur die Lösung der Aufgabe gezeigt, die zu einer gegebenen Fläche gehörigen Hauptträgheitsmomente und Trägheitshalbmesser und deren zugehörige Hauptachsen zu bestimmen; auf die zeichnerische Darstellung der Trägheits- und Zentrifugalmomente für beliebige Achsen durch den Trägheitskreis nach Mohr (vergl. Civilingenieur 1887 und 1888) hätte wohl auch hingewiesen werden können, um den Leser auf die neuere, mindestens ebenso einfache, aber noch allgemeinere Darstellung aufmerksam zu machen. 4. Vertheilung der Spannungen und Anstrengungen über einen Querschnitt. Die hier in Betracht kommenden Aufgaben werden mit Hülfe des Trägheitshalbmessers und des Querschnittskernes gelöst; an dem Querschnitt einer Eisenbahnschiene wird die Ermittlung aller Spannungen und Anstrengungen in recht übersichtlicher Weise gezeigt. 5. Biegemomente und Querkräfte eines Balkens auf zwei Stützen. 6. Das einfache Fachwerk. Die Behandlung dieser beiden Abschnitte ist die übliche; hinzugefügt ist am Schlusse die Bestimmung der Spankräfte im dreieinigen Bockgerüste (nach Müller-Breslau) als Grundaufgabe der Behandlung räumlicher Fachwerke. 7. Erddruck und Stützmauern. Die Untersuchungen geschahen nach dem Verfahren von Rebhann. 8. Tonnengewölbe. Nach Winkler's Satz von der Druck-

linie wird diese durch die vorher berechnete Lage dreier Punkte (für den Scheitel und die beiden Kämpfer) festgelegt, dann gezeichnet und hiernach werden die grössten Druckspannungen bestimmt. — Die angefügten 4 Tafeln enthalten die Ermittlung der Schwerpunkts-Hauptachsen und des Kernes eines Winkel- und Z-Eisens, eines unregelmässigen Mauerpfeilers (hierbei auch die Mohr'sche Bestimmung der zum Kraftangriffspunkt gehörigen Null-Linie bei Ausschluss von Zugfestigkeit), die schon erwähnte Zeichnung des Kernes und der Anstrengungen des Querschnitts einer Eisenbahnschiene, die Kräftepläne für einen einfachen Fachwerkträger, die Untersuchungen einer Stützmauer und eines Brückengewölbes. Die Zeichnungen sind sehr übersichtlich und klar gehalten.

Im ganzen Buche wird überall dort, wo die zeichnerischen Verfahren auf vorherige rechnerische Untersuchungen gegründet sind, auf des Verfassers „Vorträge über Elastizitätslehre“ bezug genommen, deren rechnerische Ergebnisse hier sofort benutzt werden; beide Bücher bilden also zusammen ein geschlossenes Ganzes, wie auch aus dem Titel der vorliegenden „Graphischen Statik“ hervorgeht.

Was schliesslich die Behandlung des Stoffes im Einzelnen anbelangt, so kann der früher ausgesprochene Vorzug sehr klarer Ausdrucksweise in möglichst knapper Form nur wiederholt werden und dieser Vorzug überwiegt weit aus die oben angeführten geringen Ausstellungen mitunter zu grosser Beschränkung des Inhalts. Denn was man als Bauingenieur in der Praxis in dem behandelten Gebiete braucht, findet man im vorliegenden Buche, und der Verfasser geht gewiss von dem sehr berechtigten und jüngst wieder mehrfach hervorgehobenen Standpunkte aus, jede unnöthige theoretische Stoffüberhäufung für unsere Studierenden zu vermeiden, um dieselben für die Bedürfnisse der Praxis geeigneter auszubilden; aber andererseits sollte dieser Standpunkt nicht so weit gehen, gewisse Verfahren, die mindestens ihren geschichtlichen Werth behalten (wie die Culmann'sche Bestimmung der Trägheitsmomente) gar nicht zu erwähnen. Denn der Vergleich verschiedener Lösungen einer allgemeinen Aufgabe wirkt stets anregend, befördert die geistige Vertiefung in den Stoff, dadurch die Sicherheit in dessen Anwendung und kräftigt die Fähigkeit zur selbständigen Lösung neuer Aufgaben.

—d.

A. Parnicke, die maschinellen Hilfsmittel der chemischen Technik. Mit 337 Abbildungen. Frankfurt a. M. Verlag von H. Bechhold. 1894.

Das vorliegende Buch entspricht insofern einem Bedürfniss der chemischen Industrie, als es in übersichtlicher Weise diejenigen mechanisch-technischen Hilfsmittel zusammenstellt und bezüglich ihrer Gestaltung und Wirkungsweise erörtert, die bei dem Grossbetrieb der chemischen Fabrikation eine ausgebreitete Anwendung finden. Eine Durchsicht des Buches lehrt, dass sein Inhalt einer weitgehenden praktischen Erfahrung des Verfassers, der vormalig Oberingenieur der chemischen Fabrik Griesheim war, entsprungen ist. Es ist, wie das Vorwort hervorhebt, in erster Linie ein zur Belehrung des in die chemische Praxis ein-

tretenden jungen Ingenieurs geschriebenes Buch. Diesem vermag es in der überwiegenden Zahl der Fälle die gewünschte Belehrung in Bezug auf Auswahl und Anwendung bestimmter mechanischer Konstruktionen in treffender Weise zu bieten. Es dürfte ihm hierdurch leicht zu einem treuen Freund werden, bei dem er sich im Bedarfsfalle sicheren und ausgiebigen Rath zu erholen vermag. Doch wird bei der grossen Mannigfaltigkeit der chemischen Prozesse auch der mit dem praktischen Fabrikbetriebe bereits vertraute Ingenieur in dem Buche Manches finden, was ihm wissenschaftlich und nützlich dünkt, zumal es der Verfasser in der

Regel nicht versäumt hat, für die von ihm besprochenen Einrichtungen auf die Bezugsquellen hinzuweisen. Der nach tieferer wissenschaftlicher Erkenntniss strebende Leser wird vielleicht eine genauere technologische Darstellung des Arbeitsganges und der Wirkungsweise der vorgeführten Maschinen und Apparate vermissen und häufig eine solche zeichnerische Darstellung derselben wünschen, die nicht nur den allgemeinen äusseren Eindruck wiedergibt, sondern auch die Kenntniss der thatsächlichen inneren Einrichtung ver-

mittelt. Sicher würde der Werth des Buches auch nach dieser Seite ohne eine erhebliche Vergrösserung seines Raumes vervollkommenet werden können, wenn sich der Verfasser mindestens entschliessen könnte, bei einer nothwendig werdenden Neuauflage den Inhalt durch möglichst vielseitige und vollständige Literaturangaben zu ergänzen. Es würde dann dem Praktiker ein leicht zu handhabender Leitfaden, dem nach tieferer Erkenntniss Strebenden ein Wegzeiger für die Einholung der gewünschten Belehrung sein. H. F.

Otto Lueger. Die Wasserversorgung der Städte. Viertes Heft. Darmstadt, Arnold Bergsträsser. 1895. Preis 12,40 M.

Das uns nunmehr vorliegende vierte Heft des Lueger'schen Werkes reiht sich nach Inhalt und Ausstattung würdig seinen Vorgängern an, welche bereits im Jahrgang 1893 dieser Zeitschrift eine eingehende Besprechung gefunden haben. Es möge aus derselben kurz wiederholt werden, dass

Heft 1 Erläuterung der Vorbegriffe

„ 2 Entstehung und Verlauf des Wassers

„ 3 Anlagen zur Gewinnung des Wassers

umfasst. Hieran anschliessend ist in Heft 4 Zuleitung und Vertheilung des Wassers behandelt und der Behandlung der hierzu erforderlichen Anlagen ein Abschnitt über die Grösse des Wasserverbrauchs und die erforderliche Druckhöhe vorausgeschickt, welcher wohl etwas früher (etwa am Eingange des dritten Heftes) am Platze gewesen wäre. Indessen wird man die gewählte Anordnung gern in den Kauf nehmen im Hinblick auf die Gründlichkeit und Sachkenntniss, mit welcher die Wasserhebemaschinen, Zuleitungen, Behälter und Rohrnetze unter Beschränkung auf den Standpunkt des Bauingenieurs besprochen sind. Es will uns fast

bedünken, als sei der Verfasser bestrebt gewesen, den Bedürfnissen der Praxis mehr als in den früheren Heften gerecht zu werden und man kann sich hiermit nur einverstanden erklären, zumal der wissenschaftlichen Behandlung durchweg — vielleicht mit Ausnahme der Wasserthürme — der ihr zukommende Raum gewahrt ist. Dass das Literaturverzeichnis des Heftes einen reichen Inhalt aufzuweisen hat und zum Theil auch auf benachbarte Gebiete hinübergreift, war mit Rücksicht auf das früher Gebotene zu erwarten.

Das vierte Heft schliesst die erste Abtheilung des Lueger'schen Werkes ab, welches den bei Wasserversorgungen thätigen Fachgenossen hiermit nochmals empfohlen sei. — Die Hefte 5—8 werden die zweite Abtheilung bilden, in welcher die Einzelheiten der Leitungen, die Aufstellung von Entwürfen und die Bauausführung zur Besprechung gelangen sollen; von ihnen wird das letzte Heft ein Verzeichniss der Zitate, Tabellen und Nachträge enthalten.

A. F.

Allgemeine und Technische Bedingungen für die Verdingung und Ausführung von Arbeiten und Lieferungen zu Ingenieur-Bauten von L. Oppermann, Geh. Baurath. Leipzig, W. Engelmann, 1895. Gr. 8°. 10 Druckbogen. Preis 4 M., geb. 5 M.

Der auf dem Gebiete des Wasserbaues wohlbekannte Verfasser, welchem in seiner fast vierzigjährigen praktischen Thätigkeit u. a. die Oberleitung der umfassenden Emskanalbauten und zuletzt der Vorsitz der Kommission für den Bau des Dortmund-Ems-Kanals übertragen war, bietet uns in dem vorliegenden Buche eine Zusammenstellung von technischen Bedingungen, welche für die Ausführung baulicher Lieferungen und Leistungen im Ingenieurwesen in Frage kommen. Sie sollen eine Ergänzung der vom Kgl. Preussischen Ministerium der öffentlichen Arbeiten festgestellten „Allgemeinen Bedingungen“ bilden, welche bekanntlich die verwaltungsrechtlichen Beziehungen zwischen Bauleitung und Unternehmer regeln und auf welche in jedem Vertrage über staatliche Bauausführungen Bezug genommen wird. Wie in der Vorrede hervorgehoben ist, sind ähnliche Zusammenstellungen bereits in Frankreich, Belgien und Holland vorhanden und beeinflussen dort in günstigster Weise die Klarstellung zwischen den Ansprüchen der Bauverwaltung und den Leistungen der Unternehmer. Gleiches

darf auch von der trefflichen Oppermann'schen Arbeit erwartet werden; denn diese bildet nicht allein einen werthvollen Beitrag zur Ausgestaltung und zugleich Vereinfachung des Verdingungswesens, sondern sie ist auch eine Quelle der Belehrung in Folge präziser Zusammenfassung der für die verschiedenartigsten Baustoffe und Arbeiten zu stellenden Bedingungen. Diese umfassen in 129 Abschnitten die Vorschriften für die Lieferung aller bei Ingenieurbauten vorkommenden wichtigeren Baustoffe und die Ausführung der zugehörigen Arbeiten; sie sind reich an werthvollen, auf eingehende Erfahrung gestützten Bestimmungen. Letzteres gilt zugleich von den Zusätzen, welche den im Wortlaut mitgetheilten „Allgemeinen Bedingungen für die Vergebung von Arbeiten und Lieferungen“ vom 26./10. 1888, 16./2. 1893 und 16./2. 1894 beigelegt sind: ein Grund mehr, um das Buch allen mit der Ausführung von Ingenieurbauten betrauten Fachgenossen bestens zu empfehlen.

A. F.

Leuthold, Dr. jur. C. E., weil. K. Bergamtsdirektor. Das Königlich Sächsische Baupolizeirecht. Eine Zusammenstellung der einschlägigen Gesetze und Verordnungen. Sechste, vermehrte Auflage. Leipzig, Druck und Verlag der Rossberg'schen Hof-Buchhandlung. 1895. Preis broch. 3,60 M.

Das Leuthold'sche Buch, welches den 26. Band der Handausgabe Königl. Sächs. Gesetze bildet, ist den Verwaltungs- und insbesondere den Baupolizei-Behörden bekannt genug; da es den neueren Vorkommnissen auf dem Gebiete der einschlägigen Gesetzgebung regelmässig Rechnung trägt, so darf man sogar sagen, dass den neuen Auflagen von den Beamten häufig mit einer gewissen Ungeduld entgegengesehen wird. So bietet auch die vorliegende, von Herrn Geh. Reg.-Rath von Bernewitz besorgte Auflage manchen neuen Nachtrag, auch hat das Kapitel I der gewerblichen Bauten: „Allgemeine Grundsätze“, eine ganz veränderte und erschöpfendere Behandlung erfahren.

Das allgemeine Bekanntsein dieses Buches wie in den Beamtenkreisen kann man ihm leider bei unserem bauenden Publikum nicht nachrühmen, denn hier ist die Unbekanntschaft mit den wichtigsten baupolizeilichen Vorschriften mitunter geradezu bedenklich. Indessen wird man dafür nicht dieses allein verantwortlich machen können. Der Gebrauch des „Leuthold“ setzt immerhin eine gewisse Uebung im Lesen und Anwenden einer Gesetzessammlung voraus, wie sie unseren Baugewerken nur zum kleineren Theile beiwohnt; denn wenn auch z. B. die §§ 9 und 10 des Gesetzes vom 6. Juli 1863 durch anderen Druck als nicht mehr gültig charakterisirt sind, so sind doch die zahlreichen eingestreuten Anmerkungen und Kommentare nicht geeignet, das Verständniss dem einfachen Mann zu erleichtern. Für diese Kreise wäre eine Ausgabe, die sich ohne alle Einschaltungen einfach auf den wirklich noch geltenden Wortlaut der Gesetze und Baupolizeiordnungen beschränkte, einschliesslich der Verordnungen, die gleichwerthige Bedeutung erlangt haben (z. B. die Verordn. v. 12. Dez. 1873 betr. Souterrainwohnungen) unzweifelhaft zweckdienlicher, und da die einfachste Skizze vom Techniker meist viel schneller verstanden wird, als die wortreichste Auseinandersetzung, so wäre es gar nicht übel, wenn einzelne Paragraphen, z. B. § 23 für Dörfer, von schematischen Darstellungen begleitet und erläutert würden.

Der tägliche Gebrauch des besprochenen Buchs hat dem Referenten noch einige andere Bemerkungen und Wünsche nahe gelegt. Das auf Seite 29 über die Vererbungsbedingungen Gesagte trifft für Dresden insofern nicht zu, als hier nur noch für wenige (Altstädter) Grundstücke weder das Rentamt noch die Bauverwalterei, sondern die Amtshauptmannschaft zuständig ist. Seite 200 ist wieder, wie in früheren Auflagen, Richtungslinie und Fluchtlinie verwechselt worden. Seite 219 sind wieder die §§ 17 und 18 citirt, während doch vermuthlich die §§ 23 und 24 gemeint sind. Im Sachregister vermisst man beim Gebrauch das Stichwort „Entwässerung“ (Seite 14); unter „Fensterbauten“ einen Hinweis auf Seite 150; unter K und L die guten deutschen Bezeichnungen „Kellerwohnungen“ (Seite 130) und „Lageplan“ (Seite 12 und 26); unter P die Seite 58 erwähnte „Parzellengrenze“; unter Z das „Zwischengeschoss“, Seite 129.

Mit unserem Wunsch wegen Auslassung der Kommentare, Zitate und Entscheidungen im Text einer volksthümlichen Ausgabe verbinden wir aber auch noch den weitergehenden, dass derartige wichtige, interessante oder präjudizielle Bekanntgaben in kürzeren Zwischenräumen, an anderer Stelle erfolgen möchten. Unsere amtlichen Publikationen huldigen zu sehr dem Grundsatz der fahrplanmässigen Güterzüge; es kommen aber gar nicht selten Entschliessungen und Verordnungen der Oberbehörden vor, für deren Mittheilung an interessirte Kreise sich mehr das Prinzip der Extrapost empfehlen würde. Wir denken als Vorbild z. B. an die interessanten derartigen Aufsätze in der deutschen Bauzeitung, oder an die Hamburger Sammlung baupolizeilicher Bescheide. Auf diese Weise würde vermuthlich auch mehr Uebereinstimmung in der Beurtheilung bau- und medizinisch-polizeilicher Fragen erzielt. Als Organ müsste freilich ein Blatt gewählt werden, das auch unseren bauenden Kreisen leicht zugänglich ist, oder eine zwanglose Folge wohlfeiler Hefte.

Taschenbuch Deutscher Baupreise. Baukalender 1895. IX. Jahrgang. Ausgabe für Norddeutschland. In zwei Theilen. Verlag von Caesar Schmidt in Zürich.

Wir besprachen die vorjährige Ausgabe dieses Baukalenders ausführlich und empfehlend im 4. Heft, Band XL des C. I. — Die diesjährige uns vorliegende Ausgabe unterscheidet sich dadurch, dass sie, für Norddeutschland berechnet, folgende Städte berücksichtigt: Berlin, Bremen,

Breslau, Dresden, Hamburg, Hannover, Köln, Königsberg, Leipzig, Magdeburg, Stettin. Auch für Düsseldorf ist eine Kolonne angelegt, aber durchgängig leer geblieben. Der Druck ist z. Th. noch mangelhafter, als voriges Jahr.

O. Gruner.

Zur Besprechung eingegangene Bücher.

Baukalender für 1895. Taschenbuch der deutsche Baupreise. IX. Jahrg. Ausgabe für Norddeutschland. Zürich (Caesar Schmidt). — **Friedemann, Alex.** Wien (II. Am Tabor 6). Betriebs-Resultate von Verbund-Lokomotiven ohne Anfah-Mechanismus (System Gölsdorf) nebst Darstellung einiger Lokomotiven dieses Systems. Wien 1895. — **Heller, Prof. Josef F.,** Gemeinderath der Landeshauptstadt Linz. Die Wasserversorgung der Landeshauptstadt Linz. Linz (E. Mareis) 1894. — **Hrabák, Josef,** k. k. Oberbergrath und Prof. Praktische Hilfstabellen für logarithmische und andere Zahlenrechnungen. Dritte, abgekürzte Ausgabe. Leipzig (B. G. Teubner) 1895. — **Kick, Friedrich,** k. k. Regierungsbaurath, Prof. d. mechan. Technologie an der k. k. technischen Hochschule in Wien. Die Mehlfabrikation. Ein Lehrbuch des Mühlenbetriebes. Mit 273 Holzschnitten und einem Atlas von 34 Tafeln. Dritte umgearbeitete Auflage. Leipzig (A. Felix) 1894. — **Land, Robert,** Prof. an d. k. ottomanischen Ingenieurschule in Konstantinopel. Einfluss der Schubkräfte auf die Biegung statisch bestimmter und die Berechnung statisch unbestimmter gerader vollwandiger Träger. Anhang: Neue Schwerpunktsbestimmungen von Trapezen und Vierecken, nebst praktischen Anwendungen. Mit 26 Abbildungen in Holzschnitt. Berlin (Wilhelm Ernst & Sohn) 1895. — **Leuthold, Dr. jur. C. E.,** weil. k. Bergamtsdirektor. Das k. Sächs. Baupolizeirecht. Eine Zusammenstellung der einschlägigen Gesetze und Verordnungen. Sechste vermehrte Auflage. Leipzig (Rossberg'sche Hof-Buchhandlung) 1895. — **Lueger, Otto.** Die Wasserversorgung der Städte. Viertes Heft (Schluss der ersten Abtheilung). Mit 222 in

den Text gedruckten Illustrationen. Darmstadt (Arnold Bergsträsser) 1895. — **Miethe, Dr. Adolf,** Ehrenmitglied der k. phot. Gesellschaft von Grossbritannien. Lehrbuch der praktischen Photographie. Mit vielen Abbildungen. Heft 1. Halle a. S. (Wilhelm Knapp) 1895. — **v. Pichler, Moritz Ritter,** Maschinen-Ingenieur. Der Indikator und sein Diagramm. Handbuch zur Untersuchung der Dampfmaschine. Nebst einer Analyse von Lokomotiv-Diagrammen von Carl Gölsdorf, Ingenieur. Mit 103 Original-Holzschnitten im Text. Zweite Auflage. Wien (Carl Gerold's Sohn) 1895. — **Ritter, W.,** Prof. am eidgen. Polytechnikum in Zürich. Der Brückenbau in den Vereinigten Staaten Amerikas. Mit 12 Tafeln und 60 Textfiguren. Zürich (Albert Raustein) 1895. — **Schulze, C. G.,** Baumeister. Die Dachschiftungen. Anleitung zur Erlernung und Anwendung der verschiedenen Schiftungsmethoden für Zimmerleute, Bauschüler, Techniker u. s. w. bearbeitet. Mit 3 lithogr. Tafeln, enth. 36 Figuren. Hildburghausen (Otto Petzoldt) 1895. — **Schweickhardt, C. F.,** Tagebuch für Gastechniker. 5. Jahrgang. Wien 1894. — **Zacharias, Johannes,** Ingenieur. Praktisches Handbuch des Elektrotechnikers für Beleuchtungs- und Schwachstrom-Anlagen. Mit 205 Figuren und zahlreichen Tabellen. Wien (A. Hartleben) 1895. — **Zajicek, Friedrich,** Prof. a. d. landwirthschaftl. Lehranstalt in Mödling. Vorlagen für das Situationszeichnen für land- und forstwirthschaftliche, sowie technische Lehranstalten und für die Bedürfnisse der land- und forstwirthschaftlichen Praxis. Wien (A. Hartleben).

Personal-Notizen.

Bei der fiskalischen Hochbauverwaltung im Königreiche Sachsen ist der Oberbaurath bei dem Finanzministerium Karl Hugo Nauck gestorben und der Regierungsbaumeister Otto Theodor Osswald hat behufs Uebertritts in den Dienst des Kriegsministeriums seine Entlassung erhalten.

Bei der Königlich Sächsischen Strassen- und Wasserbauverwaltung ist der zeitherige Regierungsbauführer Eduard Franz Neminar als etatmässiger Regierungsbaumeister angestellt worden, als welcher er zur Zeit bei der Strassen- und Wasser-Bauinspektion Grimma Verwendung findet.



L. B. App.

LEWIS B. APP. JR.
NEW YORK, N. Y.

1880

Professor Dr. Karl Eduard Zetzsche ✧.

Für viele Mitglieder unseres Ingenieur- und Architekten-Vereins, an technische und künstlerische Formgebung in grossem Maassstabe gewöhnt, mag es wenig bedeutend erschienen sein, wenn ihnen von Zeit zu Zeit in Vereinssitzungen die verwickelten Feinheiten elektrischer Schwachstromschaltungen für telegraphische und signalistische Zwecke von einem liebenswürdig-bescheidenen älteren Vereinsgenossen vortragsweise näher gebracht wurden. Mancher diesem Fachgebiete Fernerstehende hat vielleicht zuerst gemeint, dass es sich mehr um ein spezialistisches Steckenpferd, als um technisch bedeutende Fragen handle, dann wohl sich von der klaren Darstellung zu steigendem Interesse anregen lassen, nicht aber eine hinreichende Vorstellung davon gewonnen, über welch' selten reichen Schatz an Wissen, Erfindungsgabe und Arbeitskraft der Vortragende verfüge, und dass dessen Werke und Name auf fernen Kontinenten noch wohlbekannt und geehrt seien, wohin der Ruf so manches unserer stolzesten Bauwerke noch nicht gedrungen ist.

Karl Eduard Zetzsche, ein Kenner ersten Ranges der elektrischen Schwachstromtechnik und vor Allem auch ihr vorzüglichster Historiker, wurde am 11. März 1830 zu Altenburg als jüngster Sohn des dortigen städtischen Bauverwalters Johann Gotthelf Zetzsche geboren, besuchte daselbst von 1843 bis 1851 das Gymnasium und widmete sich nach bestandener Maturitätsprüfung den technischen Studien an der Königl. Polytechnischen Schule zu Dresden, wo er sich in der verhältnissmässig kurzen Zeit bis zum Mai 1855 durch seine besonderen Leistungen dreimal Auszeichnungen, ein Belobungsdekret und zwei Medaillen, erwarb. Im Herbst 1855 ging Zetzsche nach Wien, setzte daselbst am Polytechnischen Institute seine Studien fort, hörte

an der Universität nationalökonomische und kameralistische Vorlesungen und eignete sich zugleich in einem von der K. K. Staatstelegraphen-Verwaltung veranlassten Kursus die Vorbildung für den Staatstelegraphendienst an, in den er nach vorzüglich abgelegter Schlussprüfung am 1. Juni 1856 als K. K. Telegraphenoffizial eintrat. Als solchen finden wir ihn in den nächsten beiden Jahren in Triest und Padua, neben dem praktischen Dienst mit wissenschaftlichen Arbeiten beschäftigt. In Padua, wo er an der Universität noch einzelne Kollegien hörte, schrieb er seine Doktordissertation über die Entstehung der elektrischen Kraft aus Schwingungen, auf Grund welcher er 1857 von der Universität Jena promovirt wurde.

Einem Rufe als Lehrer der Mathematik und Mechanik folgend, trat Zetzsche am 1. Oktober 1858 an den Königl. Technischen Staatslehranstalten zu Chemnitz in einen neuen Wirkungskreis, und er ist von da an bis zu seinem Übergang in den Ruhestand der Lehrthätigkeit treu geblieben.

Durch eine reiche schriftstellerische Thätigkeit, besonders auch auf dem Gebiete der elektrischen Telegraphen, machte sich Zetzsche während dieser Chemnitzer Zeit weiteren Kreisen bekannt. Im Dezember 1866 wurde er durch den Titel Professor ausgezeichnet. 1876 wurde ihm der an der Technischen Hochschule zu Dresden neu errichtete Lehrstuhl für praktische und theoretische Telegraphie angetragen, den er von Ostern eben dieses Jahres ab bis zum Jahre 1880 einnahm. Der neugegründete Elektrotechnische Verein in Berlin bedurfte für sein Organ, die Elektrotechnische Zeitschrift, eines erfahrenen Leiters. Zetzsche siedelte nach Berlin über, übernahm die Redaktion dieses Fachblattes und trat zugleich als Lehrer der Telegraphen-

technik an der Telegraphenschule des Reichspostamtes in den Dienst dieser Kaiserlichen Behörde, bei welcher er am 25. April 1881 zum Telegraphen-Ingenieur im Reichspostamt mit dem Range der Posträthe ernannt wurde.

Die bedeutende Arbeitslast, welche ihm sein Doppelamt neben der Verfolgung seiner schriftstellerischen Aufgaben auferlegte, dazu mancherlei Schwierigkeiten bei der Wahrung seiner litterarischen Freiheit innerhalb einer festen Beamtenstellung, vielleicht auch schon die Vorboten seines späteren Leidens, führten eine zunehmende Nervosität herbei, welche ihm bereits 1887 veranlasste, in den Ruhestand überzutreten. Zetzsche siedelte nun nach Dresden über, wo er sich mehr und mehr erholte, seiner schriftstellerischen Thätigkeit weiter mit unermüdlichem Eifer oblag und im Kreise seiner Familie, sowie seiner alten Freunde noch eine Reihe freundlicher Jahre verleben durfte, bis den körperlich und geistig noch überaus kräftigen Mann am 18. April v. Js. der Tod hinwegnahm. Als Todesursache wurde Leber- und Magenkrebs erkannt.

Der Verstorbene, welcher mit einer Tochter des Inspektors Specht vom Grünen Gewölbe in Dresden verheirathet war, hinterliess, ausser der Gattin, zwei Söhne und eine Tochter.

Die überaus reiche schriftstellerische Thätigkeit Zetzsche's ist uns, ausser in einer grossen Zahl Abhandlungen und Besprechungen, in folgenden grösseren Veröffentlichungen erhalten:

„Die Elemente der ebenen Trigonometrie“ (Altenburg 1861), „Leitfaden für den Unterricht in der ebenen und räumlichen Geometrie“ (Chemnitz 1872, 2. Aufl. 1874), „Katechismus der ebenen und räumlichen Geometrie“ (Leipzig 1871, 2. Aufl. 1874, 3. Aufl. 1893), „Die Kopirtelegraphen, die Typendrucktelegraphen und die Doppeltelegraphie“ (Leipzig 1865), „Die elektrischen Telegraphen“ (Zwickau 1869), „Katechismus der Telegraphie“ (Leipzig 8. Aufl.), „Kurzer Abriss der Geschichte der elektrischen Telegraphie“, Bericht von der Wiener Weltausstellung (Berlin 1874), „Die Entwicklung der automatischen Telegraphie“ (Berlin 1875) und „Handbuch der elektrischen Telegraphie“ — unter Mitwirkung von O. Frölich, O. Henneberg, L. Kohlfürst, A. Tobler u. A. — (Berlin 1877—1887, Halle a. S. 1888—1894).

Letzteres umfangreiche Werk bildete eine Hauptlebensaufgabe des Verstorbenen, und er hat sie mit einer Gründlichkeit, Stoffbeherrschung, Klarheit und Objektivität behandelt, die diesem Werke dauernd eine erste

Stelle in der Fachlitteratur sichert. Dafür ist ihm auch die Freude vielseitiger Anerkennung zu Theil geworden. So wurde der IV. Band über die elektrischen Eisenbahneinrichtungen, welchen er mit L. Kohlfürst zusammen bearbeitet hat, bei der Pariser Elektrizitäts-Ausstellung durch das „Diplôme de coopération“ und 1882 vom Verein deutscher Eisenbahn-Verwaltungen durch Preiskrönung ausgezeichnet. Ein gewissermaassen den Abschluss des Handbuches bildender letzter Theil: „Amerikanische Schaltungen für die mehrfache Telegraphie“, Ergänzung zum III. Bande des Handbuches (Halle a. S. 1894), hat den Verstorbenen noch in seinen letzten Tagen beschäftigt und ist vor Kurzem erst erschienen.

Zetzsche war ständiger Mitarbeiter mehrerer bedeutender technischer Zeitschriften, und zwar wirkte er an Dinger's Polytechnischem Journal durch 22 Jahre, an *Lumière électrique* und *Electrician* seit deren Entstehen mit. Zahlreiche Aufsätze von ihm finden sich ferner im *Journal télégraphique*, in der *Elektrotechnischen Zeitschrift* (Berlin), der *Zeitschrift für Elektrotechnik* (Wien), dem *Civilingenieur*, den *Technischen Blättern* (Prag), der *österreichischen Eisenbahnzeitung* u. s. w. Daneben wurde er wiederholt vom Reichspatentamte um sein Gutachten angegangen, und zahlreiche technische Anfragen von Fachgenossen des In- und Auslandes hat er privatim in der eingehendsten und liebenswürdigsten Weise erledigt.

Nicht zum Mindesten wirkte Zetzsche durch seine Gabe und Neigung, sich in alle an ihn herantretenden Facherscheinungen mit gleicher Liebe und Vorurtheilslosigkeit bis in das Kleinste zu vertiefen, dabei sofort der wesentlichen Eigenart mit kritischem Blick nachzuspüren und die Besonderheit in einfachen Zügen darzustellen. Hierbei kam seiner Forschung ein Sinn für klar systematische Anordnung des Stoffes zu Hilfe, so dass sich jede einzelne Beobachtung sofort einer verwandten Gruppe angliedern konnte. Der Hang, auf das Aeusserste vollständig zu sein, war nicht der eines Sammlers, welcher sich aus Liebhaberei Nichts entgehen lassen will, sondern der Ausdruck des Pflichtgefühls eines gewissenhaften Historikers, der alles Geleistete in das rechte Licht zu setzen und weiterer Erfindungsarbeit mit dem gesammten bereits vorliegenden Material zu dienen bestrebt ist.

In der systematischen und produktiven Behandlung von Schaltungen war Zetzsche geradezu virtuos, und die Leichtigkeit, mit welcher er hierbei die schwierigsten Aufgaben durchdrang, ermöglichte es ihm, der Schwach-

stromtechnik äusserst werthvolle Anregungen zu geben. Namentlich sind seine Vorschläge in Richtung der Mehrfachtelegraphen hervorzuheben. Aber auch den Eisenbahn-Signaleinrichtungen hat er seine Erfindungsgabe mit Erfolg zugewendet.

Unter seinen vielen Verdiensten mögen diejenigen nicht unerwähnt bleiben, welche er sich um die Technische Hochschule zu Dresden erworben. Er hat derselben vermöge seiner vielen Beziehungen eine vorzügliche Sammlung von Einrichtungen des Telegraphen- und Signalwesens gegeben, die, wenn auch nun erweitert, doch seinem Namen eine dankbare Erinnerung sichern wird. Leider ist es nicht gelungen, die hinterlassene Bibliothek des Verstorbenen für eben diese Sammlung zu erwerben.

Der Starkstromtechnik stand der Verstorbene nicht unfreundlich gegenüber, aber es lag nicht in seinem Entwicklungsgang und in seiner Natur, durch dieses neue Interessengebiet sein bisheriges verdrängen zu lassen. Wir können es nur billigen, dass er dem Boden treu blieb, auf dem er sicher war, vortreffliche Früchte zu ziehen.

Ehre seinem Andenken!

Dresden, am 18. März 1895.

Der Verwaltungsrath

des

Sächs. Ingenieur- und Architekten-Vereins.

Förster,

Geh. Bergrath,

z. Z. Vorsitzender.

Grosch,

Strassen- und Wasser-Bauinspektor,

z. Z. Sekretär.

Mittheilungen aus dem Dresdener Zweigverein des Sächsischen Ingenieur- und Architekten-Vereins.

Vereinsjahr 1894 (Schluss).

Die 14. Sitzung wird mit einem Nachruf für den verstorbenen Herrn Professor Dr. Zetzsche eröffnet, darauf zur Erledigung der Verbandsfrage betr. Einführung eines einheitlichen Schraubengewindes ein Ausschuss, bestehend aus den Herren Bergk, Nowotny und Rost, gebildet und ein zweiter Ausschuss für Veranstaltung der Sommerausflüge eingesetzt, in welche die Herren Dr. Ulbricht, Pietzsch und Reiche-Eisenstuck gewählt werden. Herr Engels berichtet nun über weitere Versuche mit dem im Laboratorium der Technischen Hochschule erbauten Versuchserinne bezüglich der Auskolkungserscheinungen in dem Flussbett bei Einbau mehrerer Pfeiler und bemerkt, dass sich auch in diesem Falle dieselben Ergebnisse der Anlandung am Hinterkopf des Pfeilers wie bei Einbau eines einzigen haben beobachten lassen. Herr Köpcke legt alsdann eine Mappe Zeichnungen und Beschreibung der Cairo-Brücke über den Ohio vor und giebt interessante nähere Erläuterungen dazu. Die Cairo-Brücke ist gegenwärtig die längste Brücke der Welt, sie misst 10 566' engl., überspannt den Strom nahe seiner Mündung in den Mississippi und dient der Illinois Central-Eisenbahn. Die Fahrbahn liegt 104' über Niedrigwasser, die tiefste Gründung, mittelst hölzerner Caissons durch Luftdruck ausgeführt, reicht bis zu 75' unter N.-W. Die Hauptöffnungen sind mit einfachen Trapezträgern von 518,5' Stützweite überspannt. Als auffallend bezeichnet Redner die ausserordentlich geringen Abmessungen der sehr hohen Steinpfeiler. Bei 26' Caissonbreite besitzen diese 22—24' Breite unter N.-W., dagegen nur 12—14' über Hochwasser in einer Höhe bis zu 102' über N.-W. Bemerkenswerth ist bezüglich der Kosten hervorzuheben, dass sich der Preis für den Kubikfuss des abgesenkten Caissons auf 50,7 Cents stellte. Die Aufstellung der Brücke erforderte 22 0/10 der gesammten Bauzeit. Nach zweijähriger Bauthätigkeit wurde der Bau am 29. Oktober 1889 dem Verkehre übergeben. Zum Schlusse der Sitzung giebt Herr O. Klette noch Mittheilungen über das Elmore-Verfahren zur Herstellung nahtloser Kupferröhren auf elektrolytischem Wege. Bei dem Elmore-Verfahren, dessen sich die Metallwaarenfabrik zu Schladern an der Sieg bedient, ist man sorgsam bemüht, jedes durch elektrolytischen Niederschlag entstehende Metallhäutchen so fest als möglich an den während der Dauer der Arbeit beständig gedrehten Kern anzupressen. Es geschieht dies mittelst eines pris-

matischen Achatstückes, welches man unter beständigem Drucke langsam gegen die Kupferhaut derart vorwärts bewegt, dass die ganze Länge des Rohres schraubenförmig bestrichen wird. Das Achatstück polirt sonach fortwährend an dem Rohre hingleitend so lange, bis das Rohr fertig ist, was freilich bei grösseren Arbeitsstücken Wochen, ja Monate beansprucht. Redner legte der Versammlung eine Auswahl Proben von auf solche Weise erzeugten Röhren vor, welche die Güte der Arbeit wohl erkennen liessen.

Im Laufe des Sommerhalbjahres, in welchem regelmässige Sitzungen nicht stattfanden, unternahm der Verein drei von dem betreffenden Ausschuss veranstaltete Ausflüge zur Besichtigung bemerkenswerther Neubauten Dresdens. So fand am 11. Juni mit Damen ein Besuch des Neubaus der Kunstakademie, am 4. Juli ein zweiter des neuen Ostrahafens und des Elektrizitätswerkes der Staatseisenbahnen in Dresden-Friedrichstadt, am 4. Oktober ein dritter zur Besichtigung des Neubaus des hiesigen Finanzministeriums statt. Nächst diesen drei Ausflügen innerhalb Dresdens wurden vom Vorstande in Gemeinschaft mit dem hiesigen Architektenverein zwei nach auswärts unternommen, deren erster am 14. August der Besichtigung des neuen Reichstagshauses in Berlin galt. Dem Verein wurde dabei die besondere Freude, die herrliche Schöpfung des grossen Meisters Geheimen Bauraths Wallot unter dessen persönlicher ausgezeichneten und liebenswürdiger Führung kennen lernen und bewundern zu können.

Der zweite Ausflug richtete sich nach der altehrwürdigen Hauptstadt Böhmens, Prag, wo unter vorzüglicher Führung durch die dortigen technischen Vereine sich reiche Gelegenheit bot, die alten wie neuen Kunstdenkmäler und Bauten eingehend zu studiren.

Am 22. Oktober wurde das Winterhalbjahr mit der 15. Sitzung eröffnet und zunächst ein ehrender Nachruf dem verstorbenen Herrn Bauinspektor Weller gewidmet.

Nach Erledigung verschiedener geschäftlicher Angelegenheiten giebt der Vereinssekretär Herr Bahse einige Mittheilungen über den Stand der Bauarbeiten am Nord-Ostsee-Kanal. Redner hat im Juli vorigen Jahres den Kanal an den Hauptpunkten besucht und beschreibt namentlich unter Vorlage einiger Photographien und Pläne die beiden Hochbrücken bei Grüenthal und Levensau, welche

gegenwärtig die weitestgespannten Bogenbrücken Deutschlands sind und durch besonders schöne ästhetische Wirkung einen hervorragenden Platz unter den eisernen Brücken Deutschlands einnehmen.

Bot sich die Grünthaler Hochbrücke in ihrer Vollendung und unter vollem Betriebe dem Auge des Besuchers dar, so konnte in Levensau die interessante Aufstellung der Träger eingehend verfolgt werden. Beide Hochbrücken erheben sich mit ihrer Fahrbahn auf 42 m über gewöhnl. Wasser, d. i. 51 m über Kanalsohle. Während bei der Grünthaler Brücke die Fahrbahn den Bogenträger als Sehne durchschneidet und zu einem versteifenden Konstruktionsgliede ausgebildet ist, liegt dieselbe in Levensau dagegen nahezu im Scheitel des Obergurtes unverbunden mit der Bogenträgerwand. Die Fahrbahn ist hier eigenthümlich zwischen den beiden tragenden Bögen an zwei je über dem Bogen liegenden sogenannten Windträgern mittelst Traversen und Knotenblechen oben aufgehängt. Der Bogenträger hat im Scheitel 3,6 m, am Gelenk 5,50 m Höhe bei 163,5 m Spannweite, beide Tragwände stehen in 12,6 m Achsenentfernung. Die zweigleisige Fahrbahn und ein Dienststeg haben 10,70 m Breite. Der Vertrag der „Guten Hoffnungshütte Sterkerade“ umfasst 2 760 000 kg Flusseisen und Stahl zum Preise von 356 bez. 425 $\mathcal{M}$ für die Tonne einschl. der Gerüste und eines zweimaligen Mennige- sowie zweimaligen Oelfarbenanstrichs. Zu den Gerüsten wurden 1800 cbm Holz mit einem Gesamtaufwand von 130 000 $\mathcal{M}$ verwendet. Die auf 6 Monate festgesetzte Bauzeit ist im November vorigen Jahres abgelaufen und die Brücke alsbald dem Verkehre übergeben worden. Zum Mauerwerk der Hochbrücken sind röthliche Verblendklinker nebst gelblich-weissem Granit verwendet. Sockel, Simse, Brüstungen, Zinnen, Eck- und Auflagerquader sind in Levensau aus schwedischem Granit hergestellt, ebenso wie in Holtenau für die Schleussen, entgegen dem sonst befolgten Grundsatz der Verwendung einheimischer Baustoffe, da sich für diese Bauwerke der Bezug schwedischen Granites erheblich billiger (ungefähr 17 $\mathcal{M}$ für 1 cbm) stellte.

Ein fesselndes Bild ernster Arbeit zeigte der Kanal zwischen km 80 und 90, wo noch ungeheure Rutschmassen (blauer Thon, Sand und Schlick u. s. w.) zu bewältigen waren; allein 15 Schwimmbagger mit ebensoviel Dampfbarkassen und einer grossen Anzahl Schuten waren auf dieser Strecke in Thätigkeit, das Baggergut zu gewinnen und nach den nahe gelegenen kleinen Binnenseen zu fördern. Bei den zur Ausführung kommenden Böschungspflasterungen fanden alle möglichen Ausführungsarten Anwendung, grundsätzlich aber wurde trocken gepflastert, z. Th. auch die Böschung mit grossen Betontafeln belegt. Ueber die Holtenauer Schleusen und deren Einrichtung dürfte etwas Neues nicht zu berichten sein. Die elektrische Beleuchtung des Kanals lag im Entwurf vor: Man beabsichtigte den Kanal von beiden Seiten aus jederseits bis zum Meckelsee von zwei Hauptanlagen in Holtenau und Brunsbüttel mit elektrischem Lichte zu versorgen. Der zu benutzende Wechselstrom soll mit 2300 V. erzeugt, auf 7000 V. Spannung umgewandelt und in zwei Leitungen, je eine an jedem Ufer, hingeleitet werden.

Am Schlusse giebt Redner einige nähere Mittheilungen

über die Einrichtungen und die persönlichen Verhältnisse der technischen Beamten und der Arbeiter des Kanalbaues.

Herr Gerke bringt hierauf noch weitere Einzelheiten zur Baugeschichte und Näheres über die geodätischen Vorarbeiten, zu deren Prüfung er berufen gewesen.

In der 16. Sitzung bespricht Herr Gerke an der Hand eines grösseren Planes die „Peilung des Jadebusens“.

Redner erläutert zunächst, wie die Kenntniss der Bodenbewegung in den der Ebbe und Fluth ausgesetzten Gewässern für die Schifffahrt von äusserster Wichtigkeit ist, wie dieselbe nur durch anhaltende Beobachtung und Peilung fest bestimmter Profillinien erlangt werden kann, und wie dieselbe gerade für den Jadebusen, mit Wilhelmshaven, dem grössten deutschen Kriegshafen, als eine unerlässliche Nothwendigkeit anzusehen war. Im Jahre 1878 betraute demzufolge die Kaiserliche Admiralität den Herrn Ingenieur Möllers und den Redner mit der Ausführung ausgedehnter Peilungen im Jadebusen nach vorgeschriebenen Richtungslinien. Ohne aus naheliegenden Gründen auf die Ergebnisse der Peilungen selbst eingehen zu können, beschreibt Redner, nachdem er eine geographische Skizze des Jadebusens gegeben und die Verhältnisse der Fluthen daselbst berührt, die einzelnen Arbeiten, Instrumente und Methoden der Tiefenmessung.

Aus den Darlegungen geht hervor, dass zu den Arbeiten eine Dampfbarkasse mit zwei Jollen, ein Küstensegler — sogenannter Buthak — zum Transport der Baaken etc. nöthig war, dass an Instrumenten: ein Theodolit, mehrere Nivellirinstrumente, Messbänder und drei Chronometer gebraucht wurden. Die Vermessungsabtheilung bestand aus zwei Ingenieuren, einem Schriftführer, zwei Lothern, einem Pegelbeobachter und ausser der Schiffs- und Bootsbedienung noch aus fünf Matrosen, welche mit den Fluthverhältnissen genau vertraut waren.

Die Peilungslinien, in verschiedenen Richtungen über den Jadebusen gelegt, wurden mit 10—25 m langen Baaken, welche am Kopfe dunkle Wimpel trugen, markirt. Die Endpunkte derselben wurden durch Rückwärtseinschneiden auf die durch die Oldenburger Landesvermessung festgelegten Thürme trigonometrisch bestimmt. Die Länge der Peillinien wechselte zwischen 5 und 16,6 km.

Die Aufstellungspunkte des Theodoliten, der die einzelnen abzupeilenden Punkte durch Rückwärtseinschneiden festlegte, wurden meist durch Einschneiden nach den bekannten Objekten bestimmt.

Mittelst sorgfältigen Deichnivellements war der an einem Siel angebrachte Pegel mit den Höhenfestpunkten verbunden.

Bezüglich des Peilverfahrens selbst theilt Redner mit, dass alle 20 Sekunden entweder der Peilstock (bei Tiefen bis zu 3 m) oder das Loth (bei grösseren Tiefen) abgesenkt und jedes Profil dreimal ausgepeilt wurde. Das Boot fuhr unter Flagge und alle Signale wurden durch Flaggen gegeben. Die Peilleinen sind von 0,5 zu 0,5 m bezeichnet, die Zwischenmaasse waren zu schätzen. Nach erfolgter Peilung musste jedes Profil sofort aufgetragen werden, um etwaige Lücken oder Ungenauigkeiten erkennen und bei der nächsten Peilung berichtigen zu können. So peilte man im Ganzen 70 km dreimal, während hochliegende Watts thunlichst bei Niedrigwasser nivellirt wurden. Die

hierbei verwendeten Latten waren von Decimeter zu Decimeter mit wagerechten Stäben an der Vorderfläche eingetheilt, wodurch es gelang, noch bis auf 1 *km* sicher ablesen zu können.

Die nur im Hochsommer auszuführende Arbeit währte drei Monate, an 23 Tagen aber konnte nur gepeilt werden; die übrige Zeit benötigte das Ausbaaken und Festlegen der Linien. Auf die eigentliche Peilungsarbeit entfielen dabei 36 Stunden 50 Minuten, und die Entfernung der abgepeilten Punkte betrug je nach der Fahrgeschwindigkeit des Bootes 10—40 *m*. Alljährlich soll nun nach Redners Angabe die Kontrollpeilung wiederholt werden.

Näheres hierüber siehe Zeitschrift für Vermessungswesen, Jahrgang 1880, Bd. IX, Seite 233.

In der 17. Sitzung wurde ein Ausschuss für die Berathung einer allgemeinen gleichmässigen Bezeichnung der wissenschaftlich gebildeten und staatlich geprüften Techniker gewählt, bestehend aus den Herren Geheimer Hofrath Professor von Oer, Professor Engels, Baurath Otto Klette, Bauinspektoren Lucas und Voigt, Landbaumeister Waldow, Strassen- und Wasserbauinspektor Grosch, Stadtbaurath H. Klette und Bauinspektor a. D. Böhm.

Hierauf machte Herr Obergeringenieur Dr. Fritzsche an der Hand von Zeichnungen Mittheilung über „neue Konstruktion von Betonträgern und Brückentafeln“, welche der Firma Drenkhahn & Sudhop in Braunschweig patentirt ist.

Das Wesentliche dieser Anordnung besteht in der Verbindung von Zementbeton und Eisen in der Weise, dass ein Tragwerk gebildet wird, sowohl rippenförmig als auch ganz massiv aus Beton, dessen Untergurt nach Art eines Fischbauchträgers aus Eisen besteht, welches an den Enden fest im Beton verankert ist. Bei Spannungen bis zu 8 *m* Weite werden zum Untergurt nur Flacheisenschienen verwendet, an deren Enden Winkeleisenstücke aufgenietet sind wegen des besseren Haltens im Beton. Bei grösseren Spannungen soll der Zuggurt als Blechträger oder Fachwerkträger hergestellt werden. Der Obergurt solcher Träger — also die Hauptbetonmasse — soll nicht zu viel Eisen enthalten, damit die wechselnde Luftwärme nicht von schädlichem Einfluss wird. Stützwände, welche nach dieser Anordnung ausgeführt sind, sollen nur etwa die Hälfte der Kosten gleichhoher Vollwände erfordern.

In der sich anschliessenden Besprechung wird gegen die beschriebene Verbindung von Eisen und Beton geltend gemacht, dass beide sich zwar gleichmässig ausdehnen, dass aber jede Wärmeänderung erst durch den Beton hindurch wirken müsse, ehe sie das Eisen trifft, und dass in dem hierdurch entstehenden Wärmeunterschied von Eisen und Beton eine Gefahr liege. Auch wurde erwähnt, dass die Eisenstäbe in Monier-Platten, die doch nicht wasserdicht seien, vollkommen rostfrei bleiben und sich mit einer weissen Haut überziehen, welche das Eisen schützt. Nachdem noch die Berechnung und die statischen Verhältnisse dieser Drenkhahn & Sudhop'schen Träger bemängelt worden, erwähnte Herr Grosch die Stolte'schen mit Eisen vernieteten Zementplatten, welche zur Abdeckung des Kanales in der Hafenmauer des neuen Ostrahafens verwendet worden sind und sich sehr gut bewährt haben.

In der 18. Sitzung nahm Herr Professor Frühling Veranlassung, über die Anlage des Elektrizitätswerkes der Stadt Königsberg i. Pr. einige Mittheilungen zu machen.

In Folge der eigenthümlichen Untergrundverhältnisse Königsbergs sowie namentlich wegen der zu hohen Kosten wurde von unterirdischen Kabelleitungen abgesehen; an deren Stelle erfolgte die Verlegung blanker Kupferschienen auf Porzellan-Isolatoren in Monierkästen. Stellenweise kamen diese Kästen vollständig in das Grundwasser bzw. in das Rückstauwasser des Pegels zu liegen und waren daher an den Verbindungsstellen sorgfältig abzudichten. Das Verlegen derselben wurde besonders dadurch erschwert und verzögert, dass in den ohnehin sehr engen Strassen der zugleich als Festung dienenden Stadt nicht allein die Gas-, Wasser- und Kanalleitungen, sondern zum Theil auch Post- und Militärkabel liegen, von welchen ein bestimmter Abstand der Starkstromleitungen inne gehalten werden musste. Ferner war das in den Kästen sich sammelnde Schwitzwasser sorgfältig abzuführen, und da der Eintritt von Gas in dieselben aus einzelnen undichten Stellen des Rohrnetzes immerhin möglich war, wurden zur Vermeidung von Explosionen die Schienenkanäle stellenweise mit elektrisch betriebenen Ventilatoren in Verbindung gebracht, die eine lebhafte Luftbewegung unterhalten.

Die Ausführung des Netzes erfolgte nach dem Fünfleitersystem, weil dieses in Folge der zulässigen höheren Spannung die Ausdehnung über den grössten Theil des Stadtgebietes bei verhältnissmässig kleinen Querschnitten gestattete (die Anwendung von Wechselstrom war wegen der beabsichtigten Aufstellung von Akkumulatoren ausgeschlossen). Das Netz vermag 20 000 Lampen zu speisen, während die jederzeit vergrösserungsfähige Maschinen- und Dynamoanlage zunächst nur für 6000 Lampen eingerichtet und ausserdem mit Tudor-Akkumulatoren für 2000 Lampen versehen wurde. Zur Anwendung gebracht sind vier dreicylindrige stehende Compoundmaschinen von Schichau in Elbing, welche die Dynamos durch direkten Antrieb (ohne Riemen) in Bewegung setzen. Die Maschinenanlage wird mit Dampf von zwölf Atmosphären Spannung versehen, der in vier Röhrenkesseln (System Dürr) erzeugt wird. Die Reinigung des Kesselwassers erfolgt nach dem Verfahren von Dehne in Halle a. S.

Der Bau begann im Herbst 1889 und wurde trotz zahlreicher Schwierigkeiten im folgenden Jahre beendet. Die Anlage hat sich durchaus bewährt und wird demnächst auch eine Pferdebahnstrecke mit betreiben.

Der Preis der 16kerzigen Glühlampe bzw. des entsprechenden Strom-Aequivalents war ursprünglich auf 4 Pfennige für die Brennstunde festgestellt, doch hat, soviel der Vortragende weiss, inzwischen eine Ermässigung desselben stattgefunden. Die Zahlung erfolgt nach der Menge des bezogenen Stromes, welche von Aron'schen Stromzählern festgestellt wird. Ueber die Angemessenheit des Preises für die Brennstunde waren in der anschliessenden Diskussion die Ansichten verschieden. Derselbe wurde mit 0,7 Pfennig (Körting in Hannover) als ein sehr niedriger bezeichnet und mit 2,5 Pfennig (in dem Königlichen Steinkohlenwerke zu Zaukerode) als ein hoher. Als Grund für die Höhe des letzteren führte Herr Förster, Angesichts der sehr billigen Betriebskraft, an, dass der Lampenverbrauch ein

grosser sei, verursacht durch die in den Grubenanlagen stattfindenden starken Erschütterungen.

Wegen der häufigen Verwendung von Gasmotoren zur Erzeugung elektrischen Lichtes wurde gewünscht, dass der Preis für das benöthigte Gas billiger werden möchte. Herr Köpcke berichtet dazu, dass z. B. in Elberfeld alles nicht direkt zu Leuchtzwecken verbrauchte Gas zu 6 Pfennigen für 1 cbm abgegeben werde; ferner macht derselbe auf eine merkwürdige Erscheinung aufmerksam, welche sich seit der Einführung der mittleren europäischen Zeit bezüglich des Gasverbrauches im westlichen Deutschland bemerkbar gemacht habe, nämlich dass der Gasverbrauch zu Leuchtzwecken seit jener Zeit merklich gesunken sei. Herr Frühling entgegnet darauf, dass auch in Königsberg dieselbe Thatsache beobachtet wurde, dass sie aber hier nicht mit der Zeitverschiebung in Deutschland zusammenhänge (denn eigentlich müsste im Osten ein verstärkter Lichtverbrauch eingetreten sein), sondern wohl mehr der Verbesserung der Beleuchtungstechnik, namentlich der verstärkten Anwendung der gasersparenden Auerbrenner, zuzuschreiben sei. Der Gesamtverbrauch an Gas würde wesentlich steigen, sobald dasselbe in Folge billigeren Preises als Heizgas ausgedehntere Verwendung finden könnte. Schon bei einem Preise von 12 Pfennigen für 1 cbm werde Gas den Kohlen vielfach beim Heizen und Kochen vorgezogen.

Auf Veranlassung des Herrn Köpcke schloss hieran Herr Frühling noch einige Bemerkungen über die Berieselung von Feldern mit städtischen Abwässern, wie sie in Breslau, Danzig, Berlin und anderen Städten ausgeführt worden ist.

Es wurde angedeutet, dass die Anwendung der Berieselung durch städtische Abwässer sehr langsam vorwärts schreite, obgleich der technische Erfolg der Anlagen ausser allem Zweifel stehe, da es eine bessere Klärung und Reinigung der städtischen Abwässer nicht gebe. Nur von einem finanziellen Gewinn sei bis jetzt noch nirgends die Rede.

Da der Erfolg der Berieselung hauptsächlich von der Beschaffenheit des Bodens und Untergrundes der zu berieselnden Flächen abhängt, so wird er sich auch für jeden Ort anders gestalten. Die Reinigung der zur Berieselung kommenden Abwässer beruht insbesondere auf der Fähigkeit des Bodens, die im Wasser enthaltenen organischen Stoffe festzuhalten und sie in Pflanzennahrung umzusetzen oder sie in unschädliche Verbindungen zu verwandeln, welche im Wasser löslich sind und durch die Drainleitungen abgeführt werden. Letztere lassen sich nur in tiefgründigem lockeren Sand- und Kiesboden entbehren, während alle anderen Bodenarten eine möglichst tiefe und gut ausgeführte Drainage bedingen. Freilich wird an vielen Orten die Ableitung des Drainwassers, welches übrigens zur Wiesenbewässerung sehr geeignet ist, durch die unsicheren Vorfluthverhältnisse oft in hohem Grade erschwert.

Auf den der Stadt gehörigen sandigen Dünen bei Danzig hat sich die Berieselung ohne Drainage von Anfang an bewährt und die Einrichtung ist billig gewesen. In Breslau hat man behufs Berieselung viel Land ankaufen und das Hektar bis zu 1600 *M* bezahlen müssen. Die Einrichtungskosten

betragen ausserdem etwa 1100 *M* für das Hektar. Sie vertheilen sich auf die Herstellung der Zuletzungen, der erforderlichen Gräben und Wege, auf theilweise Einebnung der Oberfläche und auf die Ausführung der Drainage; die Kosten des Pumpwerks und der Druckrohre bis zur Grenze der Rieselfelder sind in diesen Ausgaben nicht mit inbegriffen.

Ein Zuschuss zu dem Ertrage der Rieselfelder muss fast immer gewährt werden, weil diese die aufgewendeten Kosten nicht verzinsen. In Berlin beträgt dieselbe beispielsweise etwa 0,60 *M* pro Kopf der Bevölkerung, in Breslau 0,15—0,20 *M*, in Danzig noch etwas weniger. Hierzu kommen noch die Kosten für Hebung und Förderung des Wassers; letztere betragen in Berlin etwa 0,40 *M* pro Kopf und Jahr.

Wenn die sogenannte chemische Reinigung der Abwässer auch für manche Städte der örtlichen Verhältnisse wegen zu empfehlen ist, so bleibt ihr die Reinigung durch Berieselung doch überlegen.

Schliesslich wurde noch die Frage der Einleitung der Auswurfstoffe mittelst Schwemmkanalisation in benachbarte Flüsse berührt, jedoch als noch nicht völlig gelöst bezeichnet. Die Selbstreinigung der Flüsse vollziehe sich nicht überall so schnell und auf so kurzen Strecken, wie es bei der wasserreichen und mit starkem Gefälle versehenen Isar von Pettenkofer nachgewiesen worden ist.

19. Sitzung. Nach Erledigung interner Vereinsangelegenheiten wurde vom Sekretair Namens mehrerer Vereinsmitglieder der Wunsch ausgesprochen und näher begründet, dass im Laufe des Winters Vorträge über Elektrotechnik gehalten werden möchten und der Vorstand ermächtigt werde, mit Herrn Professor Dr. Hallwachs in Verbindung zu treten und mit ihm zu vereinbaren, dem Verein etwa alle 14 Tage einen Experimentalvortrag über Elektrotechnik zu halten.

Hiernach berichtet Herr Professor Engels, dass neuerdings in Bremen Peilungen in der Weser vorgenommen worden seien, welche seine Versuchsergebnisse über die Auskolkungen an Brückenpfeilern voll und ganz bestätigt haben. Derselbe wendet sich ferner mit der Bitte an die Mitglieder des Vereins, dazu beizutragen, dass bei den grossen Neubauten, welche gegenwärtig in unserer Stadt ausgeführt werden, Beobachtungen angestellt würden, aus welchen für das Bauwesen wichtige Koeffizienten abgeleitet werden können. Herr Engels hält es zunächst für sehr erwünscht, durch Versuche die zulässige Belastung des Baugrundes festzustellen, und bespricht des Näheren die Abhängigkeit derselben von der Gründungstiefe, dem Umfange und der Grösse der Fundamente, der Beschaffenheit des Erdreichs u. a. m. und macht auf den gegenwärtigen Mangel an sicheren Werthziffern für die hier zu benutzenden Koeffizienten aufmerksam. Auch bezüglich des Auftriebes, der auf tiefe Fundamente wirke, seien noch viele Ungenauigkeiten zu beseitigen. Redner weist auf die Kapillarität des Bodens hin und auf die Verhältnisse der sogenannten Druckflächenverminderung, deren Abhängigkeit von der Bodenart und den Gründungsverhältnissen studirt werden müssten.

Herr Böhm schliesst hieran Mittheilungen über die

Herstellung einer grösseren Betongründung in Bautzen, welche 3 m unter Hochwasser in sumpfigem Baugrunde vorzunehmen war. Er erklärt die angewendete Methode getheilter Herstellung des Betonkörpers und die Ausführung des wasserdichten Putzes. Der Beton ist für 2,5 kg Zugfestigkeit berechnet worden. Herr Dr. Hartig führt hierzu an, dass er Stäbe von Beton, 24 cm lang und von 16 qcm Querschnitt untersucht habe, und dass diese bei einer Zusammensetzung des Betons von 1 Theil Zement, 2,9 Theilen Kiessand und 4,5 Theilen Knack 12 bis 18 kg Zugfestigkeit für 1 qcm gezeigt haben.

In der 20. Sitzung zeigt der bisherige Vorsitzende des Vereins, Herr Oberbaurath Nauck, wegen überkommener Krankheit die Niederlegung seines Amtes an. Der Verein trifft daher Veranstaltungen zur Wahl eines neuen Vorsitzenden. Hierauf ergreift Herr Bauinspektor Lucas das Wort zu seinem Vortrage über die Bruchbelastung einer grösseren eisernen Brücke.

Unweit der Station Forst überschreitet die Eisenbahn von Halle nach Guben den Neissefluss mit einer eisernen, eingleisigen Brücke von 6 Oeffnungen, zu je 30,13 m Spannweite, bei 58° Schiefwinkel. Die Hauptträger haben Schwedlerform und sind 3,76 m hoch. Die Fahrbahn liegt unten auf Quer- und Schwellen-Trägern in sogenanntem Halb-rahmensystem. Ein Endverband ist nicht vorhanden. Die Schwellenträger lagern unmittelbar auf den Mauern. Die Brücke hat nur einen unteren, wagerechten Flacheisenverband. Im Jahre 1892 zeigten die Brückenträger bei genauer Untersuchung bereits Risse in den Lamellen und Knotenblechen der Gurtungen bis zu 30 cm Länge, die künstlich verdeckt waren. Damals war vom Herrn Geheimen Hofrath Professor Dr. Fränkel ein Gutachten über die Betriebssicherheit der Brücke abgegeben worden, welches nur feststellen konnte, dass zwar die zulässige Beanspruchung der einzelnen Brückenglieder noch nirgends überschritten werde, dass es aber wegen des mangelhaften Zustandes der Brücke rathsam sei, dieselbe zu beseitigen. Demgemäss wurde auch ein Neubau der Träger auf dem vorhandenen, zweigleisig angelegten Pfeilermauerwerk beschlossen und bestimmt, dass zum Studium der Bruchsicherheit ein Tragwerk der Brücke preisgegeben werde. Den Arbeiten zur planmässigen Bruchprobe ging eine sorgfältige Aufnahme und Untersuchung aller Theile des 20 Jahre alten Tragwerkes voraus. Es wurde angenommen, dass die Brücke bis zum Bruche noch eine Belastung ertragen könne, die 3500 kg Höchstspannung für 1 qcm in den einzelnen Gliedern erzeuge, und daraufhin wurden alle Theile durchgerechnet, um die Gewissheit zu erlangen, dass keiner derselben durch eine Mehrbeanspruchung vorzeitigen Bruch veranlasse. Nach der Rechnung war zu erwarten, dass der Bruch im mittleren Obergurtfelde eintreten werde. Nachdem nun jeder Untergurtknoten mit Altschwellen bis auf 40 cm Zwischenraum zur Ermöglichung der Durchbiegung unterbaut worden, wurde die Belastung mittelst Schienen vorgenommen, deren man 2576 Stück, je 6,60 m lang, für die angenommene Bruchbelastung bedurfte, welche 770 Tonnen betragen sollte. Die Schienen wurden quer zur Brückenachse auf die Schwellenträger aufgelegt, zunächst nur bis zu $\frac{4}{5}$ der berechneten Last, um die hierbei beschäftigten Arbeiter nicht zu gefährden. Das letzte

Fünftel der Bruchbelastung sollte in Form von Sand hinzugefügt werden. Zu diesem Zwecke beabsichtigte man einen hölzernen Kasten auf die Schienen zu setzen, in den von dem nebenstehenden Gerüste aus Sand eingeworfen werden sollte. Die ganze Belastung, einschliesslich der Vorarbeiten und des Gerüstbaues erforderte 3 Wochen Zeit und verursachte rund 11 000 Mk Kosten. Der Zusammenbruch des Tragwerkes wurde zwischen dem 10. und 16. November erwartet. Derselbe trat jedoch unerwartet schon am 8. November 1894 ein, noch ehe das letzte Fünftel der Belastung aufgebracht war. Es waren nur erst 2450 Stück Schienen oder 562 Tonnen Gewicht aufgelegt. Die Höchstspannung des angestrengtesten Theiles belief sich mithin auf 2800 kg für 1 qcm. Der Bruch zeigte sich dabei in ganz anderer als der erwarteten Weise. Der linke Träger brach zwar an der berechneten Stelle, zuerst im mittleren Obergurtfelde, knickte aber nach der Seite aus, nachdem er sich 450 mm ausgebogen hatte. Ferner fand der Bruch durchaus nicht an den 1892 als mangelhaft befundenen Stellen statt. Dieselben waren sämmtlich unverändert geblieben; nicht eine einzige Niete war geplatzt, ungeachtet vorhanden gewesenor Scherkräfte von wenigstens 2000 kg für 1 qcm. Es ist hiernach zu vermuthen, dass innere Ausführungsspannungen vorhanden gewesen sein müssen, die das Verhalten des Tragwerkes wesentlich beeinflusst haben. In Nähe der Elastizitätsgrenze war das Verhalten des Tragwerkes nahezu das rechnerisch erwartete.

Jedenfalls ist aus dem Ergebnisse dieses Bruchversuches mit dem bezeichneten Tragwerk die Lehre zu entnehmen, dass ganz besondere Sorgfalt auf die Gestaltung der der Knickung unterliegenden Brückenglieder zu verwenden ist, und dass die Gitterverbindungen in den Druckgliedern, welche zuerst nachgegeben haben, ungenügend waren, dass ferner weit mehr auf richtige Konzentration der Massen bei solchen Theilen hinzuwirken ist. Schliesslich ist noch hervorzuheben, dass selbst die genaueste Untersuchung und schärfste Beobachtung der Durchbiegung des Tragwerkes die wirklichen Fehlerquellen der Konstruktion nicht aufzudecken vermochte. Nur die sorgfältigste Ueberwachung der Arbeit in der Werkstätte und auf dem Bauplatze wird daher im Stande sein, einigen Schutz gegen die angedeuteten Uebelstände zu gewähren.

Die neuere Methode der Nietberechnung hat sich durch den geschilderten Versuch hinlänglich bewährt. Zu bedauern bleibt bei dem Versuche nur, dass die dynamische Wirkung einer rollenden Betriebslast nicht hat studirt werden können.

21. Sitzung. Der Vorsitzende gedachte zunächst des erfolgten Ablebens des Herrn Rathsbau-meisters Fuchs und gab bekannt, dass derselbe dem Vereine die Summe von 1000 Mk für den Hausbaufonds hinterlassen habe, womit dieser seiner Zeit begründet worden ist. Alsdann sprach Herr Professor Frühling über die Anlage einer Thalsperre bei Konstantinopel, indem er die Schwierigkeiten darlegte, die sich in Folge der geologischen Bildung in der Umgebung von Konstantinopel einer ausreichenden Wasserbeschaffung entgegenstellen, da ausgiebige Quellen in dem Gelände selten angetroffen werden. Er schilderte die Verhältnisse im grauen Alterthume, in dem alten Byzanz, und

berührte die Wasserversorgungsanlagen, welche zu Zeiten des Constantin und Justinian nach römischem Vorbilde ausgeführt worden sind und noch in zahlreichen Ueberresten vorgefunden werden. Noch heute dienen einzelne Theile zur Wasserversorgung des Stadtbezirks Stambul. Die Anlagen benutzen das natürliche Gefälle und entnehmen das Wasser aus Sammelbecken, die durch Abdämmung enger Thäler gebildet werden. Da diese Vorkehrungen indessen der alten Türkenstadt kaum zu genügen vermochten, so übernahm es eine Englische Gesellschaft, die Stadttheile Pera und Galata mit einem besonderen Wasserwerke zu versehen, dessen Speisung gleichfalls aus einem Staubecken erfolgt.

Für die auf dem hohen asiatischen Ufer gelegenen Vorstädte Scutari und Kadiköi, nebst den anschliessenden Ortschaften, hatte eine Deutsche Gesellschaft im Jahre 1890 die Errichtung eines Wasserwerkes in Aussicht genommen. Durch Aufstau eines kleinen Flusses, dessen Mündungsstelle den Einwohnern von Stambul unter dem Namen „die süssen Wasser Asiens“ bekannt ist, sollte ein grosses Becken von etwa 2 Millionen *cbm* Inhalt und 25 *qkm* Zuflussgebiet geschaffen werden. Das Wasser wollte man filtern und dann durch Maschinen nach einem in Scutari belegenen Hochbehälter auf rund 100 *m* Höhe heben.

Der Umstand, dass bei näherer Untersuchung der in Aussicht genommenen Baustelle in erreichbarer Tiefe ein annehmbarer Baugrund nicht angetroffen wurde, gab Veranlassung, dass der Vortragende, welcher kurz zuvor für die Stadt Königsberg eine ähnliche Anlage ausgeführt hatte, ersucht wurde, ein Gutachten über die Verlegung und zweckmässige Anordnung des Staudammes abzugeben.

Nach den erforderlichen Studien an Ort und Stelle im Oktober 1890 wurde ein neuer Entwurf ausgearbeitet, den Herr Frühling in seinen Grundzügen durch Zeichnungen näher erläuterte. Es war nämlich gelungen, einen Bauplatz zu finden, wo der Felsen innerhalb des eigentlichen Flussbettes und am rechten Ufer desselben zu Tage trat und wo es möglich wurde, den Staudamm so zu legen, dass er der Länge nach auf einen, das Flussthal durchquerenden Felsenrücken zu stehen kam. Die Tiefe der Thalmulde liess aber auch hier die Ausführung eines Massivbaues in der ganzen Thalbreite nicht zu. Es konnte die gemauerte Thalsperre nur am linken Ufer und auf einer kurzen Strecke des rechten Ufers erbaut werden. Der übrige Theil des Stauwerkes musste als Dammschüttung ausgeführt werden.

Der Querschnitt der massiven Thalsperre entspricht

derjenigen Form, die sich nach den neusten wissenschaftlichen Untersuchungen als die zweckmässigste herausgestellt hat. Die obere Breite der Mauer beträgt 3,50 *m*, die untere, nach der Forderung von 5 *kg* für 1 *qcm* Kantenpressung, 17 *m* bei einer grössten Höhe von 20 *m* über der Flusssohle.

Diese Sperrmauer ist etwas über 80 *m* lang. Sie hat an ihrer Rückseite einen senkrechten Schacht, der mittelst angebrachter Schützenöffnungen die Wasserentnahme aus verschiedenen Tiefen gestattet, was mit Rücksicht auf die nach heftigen Regengüssen erfolgende Wassertrübung wünschenswerth ist.

Zur Ableitung des Hochwassers ist an der Felsenwand des linken Ufers ein Ueberlauf von 57 *m* Länge angeordnet. Der 180 *m* lange, an die Massivmauer sich anschliessende Erddamm hat 5 *m* Kronenbreite, eine wasserseitige Böschung von 1:3 und eine landseitige von 1:1,5 erhalten. Der bis auf die wasserundurchlässige Schicht herabgeführte Kern des Dammes ist aus Thonboden hergestellt, und am Ende der wasserseitigen Böschung ist ein zweiter Thonkörper, gleichsam als Spundwand, bis tief unter die Flusssohle eingebettet, um der Bildung von Wasseradern unter der Dammsohle vorzubeugen.

Bis zur halben Tiefe des Staubeckens ist die Dammböschung zum Schutz gegen den Wellenschlag abgepfästert. Besondere Sorgfalt ist auf die Verbindung des Steindammes mit dem Erdwalle verwendet worden. Der erstere greift mit allmäliger Verjüngung seines Querschnittes weit in den Erdwall hinein und ist ausserdem an diesem eingreifenden Theile äusserlich mit einem Thonschlag bekleidet, um die Wasserdichtigkeit des Anschlusses an den Erdboden zu vergrössern.

Die 1892 vollendete und unter der Oberaufsicht des Herrn Civilingenieur Gruner in Basel (ohne Mitwirkung des Vortragenden) ausgeführte Thalsperre hat das heftige Erdbeben im Juli 1894 vollkommen gut überstanden.

Im Laufe der sich anschliessenden Diskussion erwähnt Herr Frühling noch, dass die herrschende Gebirgsformation am Bosphorus Keuper- und Muschelkalk sei, und dass das Mauerwerk der Thalsperre vornehmlich aus körnigem Kalkstein hergestellt ist. Der Kostenanschlag habe 850 000 Francs betragen.

Zum Schlusse wendet sich Herr Engels gegen die weit getriebenen Sicherheits- und Ueberfallkonstruktionen bei den neueren Thalsperren, weil dabei Manches gespart werden könne, und weist dies namentlich an der Thalsperre bei Einsiedel nach.

Jahresbericht des Zweigvereins Chemnitz des Sächsischen Ingenieur- und Architekten-Vereins über das Verwaltungsjahr 1893—94.

Das Verwaltungsjahr 1893/94 begann mit der am 28. März 1893 abgehaltenen Generalversammlung des Zweigvereins, bei welcher die nachgenannten Herren, nämlich:

- 1) Herr Betriebsinspektor Wiechel
als Vorsitzender,
 - 2) Herr Regierungsbaumeister Feige
als stellvertretender Vorsitzender und Schriftführer und
 - 3) Herr Wasserwerksdirektor Nau
als stellvertretender Schriftführer und Kassirer
- in den Vorstand des Vereins neu-, bezw. wiedergewählt wurden, und mit einem Bestande von 67 Mitgliedern, nämlich:

51 ordentlichen und
16 Gastmitgliedern.

Im Laufe dieses Jahres schieden aus dem Vereine theils durch Tod, theils infolge Versetzung oder freiwillig

6 ordentliche und
7 Gastmitglieder

aus, dagegen traten neu ein:

7 ordentliche und
6 Gastmitglieder,

sodass der Bestand am Schlusse des Verwaltungsjahres sich auf 52 ordentliche und

15 Gastmitglieder,

mithin zusammen auf

67 Mitglieder,

wie am Beginne, beziffert.

Im Sommerhalbjahre fanden zwei Ausflüge statt, und zwar:

- 1) am 10. Mai 1893 zur Besichtigung der Thalsperre in Einsiedel und
- 2) am 30. Mai 1893 zur Besichtigung der Kühlanlage im städtischen Schlacht- und Viehhofe hierselbst.

Am 6. Juni 1893 wurde eine ausserordentliche Vereinsversammlung abgehalten, bei welcher die vom Verbands aufgestellte Arbeit: „Darstellung der Entwicklungsgeschichte des deutschen Bauernhauses“ zur Vorlage kam, und, nach einem eingehenden Bericht des Vorsitzenden über die einschlägigen Verhältnisse im Königreiche Sachsen und besonders in dem Arbeitsgebiete des Chemnitzer Zweigvereines, die Vertheilung der Aufnahmearbeiten an acht Vereinsmitglieder vorgenommen wurde.

Der Zweigverein veranstaltete ferner am 2. Juli und am 24. September 1893 zwei Ausflüge mit Damen, den ersten nach Bockau, mit Wanderung längs des „Flossgrabens“ nach Aue, den zweiten nach Hilbersdorf und über Ebersdorf (Besichtigung der Kirche und des befestigten Kirchplatzes) nach Lichtenwalde.

Im Winterhalbjahre 1893/94 vereinigten sich die Mitglieder zu den nachfolgend aufgeführten Vereins- und General-Versammlungen, Besichtigungen u. s. w.

1. Vereinsversammlung am 10. Oktober 1893.

Herr Professor Dr. Schreiber hält einen Vortrag über: „Die Grundgleichungen für Zustand und Zustandsänderung in der Atmosphäre“, der im Vereinsorgane „Der Civilingenieur“ Jahrgang 1893, auf Seite 631 ff. veröffentlicht worden ist. An Stelle des zufolge Versetzung ausgeschiedenen Herrn Feige wird der Unterzeichnete zum Schriftführer gewählt.

2. Vereinsversammlung am 24. Oktober 1893.

Der Vorsitzende, Herr Betriebsinspektor Wiechel, berichtet erstens: „Ueber den derzeitigen Stand der Erforschung des Limes“, die neuesten Ausgrabungen besprechend, sodann: „Ueber neuere Arbeiten und Versuche betreffend das Problem des menschlichen Fluges“ mit besonderer Betonung der Lilienthal'schen Versuche.

3. Vereinsversammlung am 7. November 1893.

„Die Jubiläums-Ausstellung in Chicago“ ist das Thema des Vortrages des Herrn Baurath Buschmann. Zahlreiche Pläne und Photographien, zum Theile selbst aufgenommen, Prospekte und Kataloge, die der Vortragende an Ort und Stelle gesammelt hat, unterstützen die eingehenden Mittheilungen.

Ausflug am 21. November 1893

zur Besichtigung der Motorwagen der Chemnitzer „Elektrischen Strassenbahn“ in deren Depot in Kappel, welcher am 28. November bei der

4. Vereinsversammlung

ein Vortrag des Herrn Stadtbaainspektors Franze, betitelt: „Der Bau der elektrischen Strassenbahn in Chemnitz“ folgt. In Ergänzung des in Kappel Gesehenen verbreitet sich der Redner über Unterbau, Oberbau, Durchfahrtsprofil und Ausrüstung der Bahn u. s. w.

5. Vereinsversammlung am 12. Dezember 1893.

Herr Maschineninspektor Weber schildert unter Vorlegung von Proben der zu dem Bekleiden der Personewagen verwendeten Stahlbleche die hierfür neuerbaute „Beisanlage auf dem Werkstättenbahnhof in Chemnitz“.

6. Vereinsversammlung am 9. Januar 1894.

Ueber den „Bau von Beamten- und Arbeiterwohnhäusern“ für Eisenbahnpersonal in Hilbersdorf bei Chemnitz hält Herr Bauinspektor Kaiser einen ausführlichen, durch die Auslegung zahlreicher Grundrisse, Ansichten, Schnitte u. s. w. belebten Vortrag, nachdem er bereits in der vorigen Vereinsversammlung über die beim Ausschachten daselbst gefundenen, verkieselten Koniferen (*Araucarites*) berichtet hatte.

1. Generalversammlung am 23. Januar 1894.

Prüfung der Vereinsstatuten vor deren Vervielfältigung.

7. Vereinsversammlung am 30. Januar 1894.

Herr Professor Kirsch hat die Güte, als Gast des Vereins über die „Bildliche Darstellung der Stabspannungen von Fachwerkträgern“ vorzutragen. Der Vortrag ist in der „Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure“, Jahrgang 1894 auf Seite 779 ff. abgedruckt worden.

8. Vereinsversammlung am 6. März 1894.

Der in der vierten Versammlung am 28. November 1893 gewählte Ausschuss für die Bearbeitung der zur Berathung gestellten beiden Fragen: „Die Verkoppelung städtischer Grundstücke“, und „Die Zonenbauordnung“, berichtet durch seinen Vorsitzenden Herrn Stadtbaurath Hechler, über die geflogenen Berathungen und legt eine bezügliche Niederschrift vor.

9. Vereinsversammlung am 13. März 1894.

Herr Stadtbauinspektor Franze erwähnt einige „Alte, beim städtischen Kanalbau entdeckte Bohlwege in Chemnitz“, woran sich höchst fesselnde und durch werthvolle Pläne ergänzte Mittheilungen des Vorsitzenden, Herrn Betriebsinspektor Wiechel, über „Alte Verkehrswege und Verkehrszustände in der Gegend um Chemnitz“ schliessen.

2. Generalversammlung am 27. März 1894.

Bei der nach Ablegung des Jahresberichtes vorgenommenen Neuwahl werden in den Vorstand gewählt:

1) Herr Maschineninspektor Weber
als Vorsitzender,

2) Herr Maschineninspektor Friessner
als stellvertretender Vorsitzender und Schriftführer und

3) Herr Wasserwerksdirektor Nau
als stellvertretender Schriftführer und Kassirer.

Herr Baurath Buschmann hält hierauf einen Vortrag: „Vergleichende Betrachtungen zwischen amerikanischem und deutschem Eisenbahnwesen“; sodann wird ein Ausschuss zur Begutachtung des „Entwurfes eines preussischen Wassergesetzes“ gewählt.

Das Wintervergnügen des Zweigvereins wurde am 13. Februar 1894 in der üblichen Weise unter Bethheiligung von gegen 90 Personen abgehalten.

Chemnitz, am 1. April 1894.

(gez.) Wiechel,
Vorsitzender.

Nachrichtlich bemerkt durch:
(gez.) von Metzsch,
Schriftführer.

Die geologische Landesuntersuchung von Sachsen und ihre Bedeutung für die Praxis.

Vortrag

gehalten am 2. Dezember 1894

in der

136. Hauptversammlung des Sächsischen Ingenieur- und Architekten-Vereines

von

Dr. Herm. Credner

Direktor der Königl. geologischen Landesuntersuchung.

Fast ein Viertel-Jahrhundert ist veronnen, seit das Königliche Finanz-Ministerium vor Allem auf Antrieb des unvergesslichen, vor wenig Jahren dahingeshiedenen Herrn Geheimen Rathes Otto Freiesleben mit Genehmigung Sr. Majestät des hochseligen Königs Johann die geologische Landesuntersuchung von Sachsen ins Leben rief und mit reichen Mitteln ausstattete. Durch mehr als 23 Jahre hindurch haben Regierung und Stände derselben das nämliche Wohlwollen erhalten und die gleiche Liberalität zugewendet, unter deren Gunst die Anstalt in einem Grade sich zu entwickeln vermochte, den anfänglich zu erhoffen allzu kühn erschienen wäre. Und jetzt, wenn der neue Frühling kommt, vermögen wir im dankbaren Rückblick auf die Arbeit fast eines Menschenalters und mit dem Gefühl der Genugthuung auszurufen: Das grosse Werk, zu dem uns das Vertrauen des Königlichen Ministerii berufen hat, ist zu seinem Abschlusse gebracht!

An solch einer Wende schweift der Blick gern zurück auf den erklommenen Weg, prüfend, wie weit er den Wanderer seinem Ziele zugeführt hat.

Der geologischen Landesuntersuchung wurde bei ihrer Errichtung vom Königlichen Finanz-Ministerium zur Aufgabe gestellt: Die möglichst genaue Erforschung des geologischen Baues, des Mineralreichthums und der Bodenverhältnisse des Königreichs Sachsen, sowie die Nutzbarmachung der gewonnenen Resultate für die Wissenschaft, die Land- und Forstwirtschaft, für Bergbau und Verkehr und die übrigen Zweige technischer Betriebsamkeit.

Diesem Zwecke soll in erster Linie die Aufnahme und Publikation einer geologischen Spezialkarte dienen, deren einzelnen Blättern erläuternde Texte beigegeben sind.

Eine solche Spezialkarte und deren ausführliche Beschreibung musste, wenn sie thatsächlich den Anforderungen

der Wissenschaft genügen sollte, sich zum Ausdrucke unseres geologischen Gesamtwissens von Sachsen gestalten. In jeder der auf ihr angewandten Gesteinsbezeichnungen verkörpert sich das Resultat der jetzt ausschlaggebenden mikroskopischen und chemischen Untersuchungsmethoden. In jedem Namen einer geologischen Formation oder deren einzelnen Stufen steckt die paläontologische Bestimmung und Ausnutzung der neuerdings von uns oder früher von Anderen gesammelten Fossilien und der Vergleich mit den entsprechenden Formationsgliedern anderer Länder. Gar manche kurze Benennung von Gesteinsablagerungen erfordert eingehende Studien über deren zum Theil noch fragwürdige Genesis oder von geologischen Vorgängen, welche die jetzige Erscheinungsweise dieser Modifikationen erzeugt haben. Auch das geologische Gesamtbild, welches unsere Kartenblätter nach ihrer Vollendung geben, war nicht einfach abzulesen auf dem Antlitz der Gelände und des Gebirges, sondern es ist der auf Grund speziellster lokaler Untersuchungen und Vergleichen gewonnene Ausdruck unserer geologischen Ueberzeugung von der Architektonik des oberflächlich gar oft von Wald, Moor und Wiesen bedeckten Untergrundes — eine Ueberzeugung, die je nach dem Schatze der Erfahrungen und nach dem theoretischen Standpunkte des untersuchenden Geologen grossen Schwankungen unterworfen sein kann und deshalb der vorsichtig erwägenden Prüfung bedarf.

Karten und Texte sind somit das Produkt einerseits sorgsamer, unter den Strahlen der Sommersonne und unter den Stürmen von Herbst und Frühjahr oft höchst beschwerlicher und anstrengender geologischer Aufnahmen im Felde, — anderseits der möglichst eingehenden und umsichtigen Winterstudien im Laboratorium, in den Sammlungen, in der Bibliothek und im Arbeitszimmer. Die Fertigstellung jedes einzelnen Kartenblattes nebst zugehörigen Erläute-

rungen hat aus diesem Grunde im Durchschnitt ein volles Arbeitsjahr ungetheilter Anstrengung erfordert; da nun unsere sächsische Spezialkarte aus 123 Blättern besteht, so sind in ihr nicht weniger als 123 Arbeitsjahre verkörpert, die sich auf die gleichzeitige Thätigkeit von 4—7 Sektionsgeologen vertheilen.

Der geologischen Karte dient die vom Königlichen Generalstabe ausgeführte topographische Karte von Sachsen im Maassstabe von 1:25 000 als Unterlage. Auf diese wird nun das geologische Bild, dessen Entstehung wir so eben verfolgt haben, eingetragen und zwar auf die Weise, dass zunächst die einzelnen Gesteinsformationen und Unterabtheilungen der letzteren durch verschiedene Farben oder Nüancen kenntlich gemacht werden. Die Wahl dieser Farben bietet weit mehr Schwierigkeiten, als der Beschauer ahnt. Es heisst hierbei auf gar manchem Einzelblatte 60 und mehr Farbtöne anzuwenden, die sich alle von einander abheben sollen, die ausserdem auch noch auf keiner der übrigen 122 Sektionen für eine andere Gesteinsart oder einen anderen Schichtenkomplex benutzt worden sind, die sich aber auch dem allgemeinen Farbenschema der Gesamtkarte einordnen. Da nun endlich auch die bedeutenden, mit jeder Farbenplatte wachsenden Unkosten des Buntdruckes der freien Wahl sehr fühlbare Zügel anlegen, so ist die Zuhülfenahme eines Ueberdruckverfahrens geboten, bei welchem der Aufdruck von Schraffirungen, Punkten, Karrirungen oder vollen Tönen von bereits zur Anwendung gelangten Farben auf ebenfalls bereits benutzte Grundfarben zur Erzeugung neuer Töne dienen muss, — Anordnungen, welche ebenso wie die Leitung der geologischen Aufnahmen selbst, dem Direktor der geologischen Landesuntersuchung obliegen.

Ausser durch Farben und Nüancen sind die einzelnen Gebirgsglieder auf der geologischen Karte auch noch durch Buchstabensymbole bezeichnet worden, um bei der grossen Zahl der zur Anwendung gelangten Farbtöne deren Identifizierung mit den randlichen Farbenerklärungen zu erleichtern.

Allen Kartenblättern sind geologische Profile beigefügt, welche sich mit der kartographischen Darstellung zu einem plastischen Bilde der Tektonik vereinigen und eine rasche Orientirung über den geologischen Aufbau der dargestellten Gegend ermöglichen.

Die in solcher Weise ausgeführte geologische Spezialkarte des Königreichs Sachsen würde, falls die in die Nachbarländer übergreifenden Randblätter sämmtlich und völlig geologisch aufgenommen werden sollten, aus 156 Sektionen bestehen. Die genannte Zahl von Einzelblättern vermindert sich jedoch zunächst um diejenigen 9 Sektionen

des wesentlich reussischen Vogtlandes, welche durch den seit langen Jahren erfolgreich mit der Untersuchung jener komplizirten Areale beschäftigt gewesen, uns leider vor Kurzem durch den Tod entrissenen Prof. Dr. Liebe in Gera aufgenommen worden sind und als Theil der geologischen Spezialkarte von Preussen und Thüringen publizirt werden. Eine fernere Reduktion erleidet die Anzahl der Blätter der geologischen Karte von Sachsen dadurch, dass dort, wo eine Grenzsektion nur minimale Partien von sächsischem Gebiet enthält, letzteres der anstossenden Hauptsektion randlich angefügt wird. Dort hingegen, wo man hoffen durfte, Resultate von allgemeiner geologischer Bedeutung zu erzielen, gelangten selbst Blätter, welche nur kleinste Theile sächsischen Landes enthalten, völlig zur Aufnahme, wie z. B. die Sektionen Kupferberg, Schöna und Hinterhermsdorf. Endlich sind einzelne derartige Grenzsektionen, auf deren sächsischem Antheil keine Resultate von besonderer wissenschaftlicher Tragweite oder technischer Bedeutsamkeit zu erwarten waren, gänzlich aus dem Publikationsplane der geologischen Landesuntersuchung gestrichen und der Aufnahme von Seiten des meist betheiligten Nachbarlandes überlassen worden, — gewissermassen zur Gegenleistung für die Einverleibung, ihnen zugehörigen Areales in zahlreiche unserer Grenzsektionen. In Folge aller dieser Reduktionen wird die geologische Spezialkarte von Sachsen nach ihrer vollständigen Drucklegung aus 123 Kartenblättern bestehen, von denen 113 bereits erschienen sind oder in den nächsten Wochen dem Buchhandel übergeben werden sollen, während die übrigen 10 Sektionen zum Theil bereits in lithographischer Ausführung begriffen sind, zum Theil binnen wenig Monaten druckfertig gestellt sein werden.

Die Darstellung, welche die geologischen Verhältnisse auf diesen 123 Kartenblättern erfahren haben, ist eine so detaillirte und bringt alle Einzelheiten in so ausgeprägter Weise zur Geltung, dass es selbst für den Fachmann unmöglich ist, aus der gewaltigen Zahl dieser grossformatigen Spezialkarten ein übersichtliches Bild der geologischen Verhältnisse grösserer Areale oder gar des gesamten Umfanges von Sachsen zu gewinnen. Diesem in der Natur der Spezialkarten liegenden Uebelstande soll durch Uebersichtskarten abgeholfen werden, wie eine solche des Mittelgebirges oder Granulitgebirges und seiner Umgebung im Maassstabe von 1:100 000 bereits erschienen ist. Ein einheitliches plastisches Bild vom geologischen Bau des gesamten Königreichs hingegen werden wir erst durch eine Uebersichtskarte desselben in noch viel kleinerem Maassstabe erhalten. Eine solche wird als Ergänzung des Spezialkartenwerkes unerlässlich sein und den Schlussstein des ganzen Gebäudes bilden.

Erläuternde Texte sind jeder einzelnen Sektion der geologischen Spezialkarte beigelegt. Diese Erläuterungen sind entsprechend der detaillirten kartographischen Darstellung möglichst ausführlich und eingehend gehalten und erreichen deshalb zum Theil einen beträchtlichen bis zu 12 Bogen anwachsenden Umfang, so dass sie den Charakter selbständiger Monographien annehmen. Wo es irgend wünschenswerth ist, werden denselben geologische Spezialprofile und Kartenskizzen in Holzschnitt, Zinkographie oder Lithographie beigegeben.

Mit dem Abschlusse der durch textliche Beschreibungen erläuterten Spezialkarte und mit den zu diesem Zwecke nöthigen Vorarbeiten und geologischen Aufnahmen ist jedoch nur der eine Theil des der geologischen Landesanstalt vom Königlichen Finanz-Ministerium gestellten Programmes erfüllt, nämlich die möglichst genaue Erforschung des geologischen Baues des Königreiches, sowie die Nutzbarmachung der gewonnenen Resultate für die Wissenschaft. Wie ist nun die geologische Landesuntersuchung bestrebt gewesen und in wie weit ist es ihr gelungen, der zweiten Gruppe ihrer Aufgaben gerecht zu werden, nämlich der Nutzleistung an die Landwirthschaft, den Bergbau und Verkehr und an die übrigen Zweige technischer Betriebsamkeit, mit einem Worte: an die Praxis?

Zunächst ist es die Landwirthschaft oder richtiger landwirthschaftliche Bodenkunde, welcher die geologische Spezialkarte zu Diensten verpflichtet ist. Der völligen Erfüllung der agronomischen Bedürfnisse des einzelnen Landwirthes mit Bezug auf den ihm eigenen Grund und Boden stellen sich freilich von Anfang an Hindernisse in den Weg, welche auf der Natur unserer Karten beruhen; einerseits ist nämlich deren Maassstab trotz seiner verhältnissmässigen Grösse doch noch zu klein, um die Bodenverhältnisse in dem für den einzelnen Grundbesitzer bedeutungsvollen Detail wiederzugeben, andererseits sind unsere Publikationen nach ihrer ganzen Aufgabe und Ausführung geologische, nicht aber auf ausschliesslich agronomische Bedürfnisse basirte Bodenkarten. Letzterer Umstand verliert jedoch dadurch an Tragweite, dass die Mehrzahl unserer geologischen Unterscheidungen ebensowohl auch eine gleichwerthige agronomische Bedeutung besitzt.

Im Gebirge sind die Böden nichts als die Verwitterungsprodukte des unter ihnen anstehenden, mit ihnen gewissermassen verwachsenen Gesteinsuntergrundes. Die Farbe des letzteren erweist somit zugleich die Beschaffenheit seiner der Land- und Forstwirthschaft dienstbar gemachten Verwitterungskruste. Das konstante Abhängigkeitsverhältniss der letzteren von der Art des Muttergesteines mit Bezug auf Durchlässigkeit, Konsistenz und Absorptionsvermögen, sowie

auf ihren Kali-, Kalk- und Phosphorsäuregehalt erfährt ausserdem in den Erläuterungen von solchen Gebirgssektionen, welche wesentlich dem Ackerbau dienen, eine allgemein verständliche Klarlegung unter Beifügung von Analysen verschiedenartiger Verwitterungsböden.

Die Glieder des Schwemmlandes hingegen sind auf unseren Karten nicht nur wegen ihres verschiedenen geologischen Alters und ihrer verschiedenartigen Genesis von einander getrennt und farbig geschieden worden, sondern zugleich und in erster Linie auf Grund ihrer Zusammensetzung und Struktur, sowie ihres abweichenden Verhaltens gegen das Grundwasser und gegen die atmosphärischen Niederschläge. Unsere geologischen Unterscheidungen verkörpern also zugleich auch lauter agronomisch ins Gewicht fallende Eigenthümlichkeiten und geben deshalb gleichzeitig ein bodenkundliches Bild. Von noch grösserer Bedeutung für die Landwirthschaft gestalten sich jedoch unsere Flachlandskarten dadurch, dass sie sich nicht auf die Wiedergabe der obersten, die Ackerkrume liefernden Schicht beschränken, sondern zugleich eine leicht fassliche und übersichtliche Anschauung des Bodenprofils gewähren. In diesen für das Verhalten der Oberflächenschicht gegen Wasser und Wärme maassgebenden Bodenprofilen finden die konstanten Faktoren des Bodenwerthes, die unveränderlichen Grundlagen desselben ihren Ausdruck. Ein Beispiel wird dies erläutern: Eine oberflächliche, die Ackerkrume liefernde Lehmschicht wird an der einen Stelle von fettem Thon, an der andern von Sand unterlagert. Trotz vollständiger Gleichartigkeit und gleichbleibender Mächtigkeit dieser obersten Schicht wird dieselbe mit Bezug auf ihren Bodenwerth und ihre landwirthschaftliche Nutzbarkeit innerhalb dieser beiden Flächen ein total verschiedenes Verhalten zeigen: dort wo der undurchlässige, das Wasser stauende Thon ihre Unterlage bildet, giebt sie einen nassen, kalten, sauren Boden, unmittelbar daneben aber, wo sie auf durchlässigen Sanden lagert, mag sie den höchsten landwirthschaftlichen Anforderungen genügen. Um die beiden für die agronomische Werthigkeit des Bodens ausschlaggebenden Faktoren, einerseits die Mächtigkeit der Oberflächenschicht, andererseits die Beschaffenheit ihres Untergrundes zu ermitteln, wurden auf jeder der speciell zur agronomischen Darstellung bestimmten, von den Herren Dr. Sauer, Hazard, Dalmer und Herrmann bearbeiteten Sektionen zahlreiche, auf einzelnen derselben mehrere tausend Bohrungen bis zu 1 oder 1,5 m Tiefe ausgeführt. Die hierbei für die Mächtigkeit der Deckschicht resultirenden Durchschnittswerthe, in Decimetern ausgedrückt, wurden mit rother Farbe auf das Kolorit der betreffenden Oberflächenschicht aufgedruckt. Die den zweiten Faktor der Bodenwerthigkeit bildende Beschaffenheit des Untergrundes wurde

auf der Mehrzahl dieser Flachlandsektionen auf die Weise zur Anschauung gebracht, dass bei schwer durchlässigem Untergrund eine horizontale, bei leicht durchlässigem Untergrund eine vertikale zarte braune Strichlage, welche das sonstige Farbenbild nicht stört, der Farbe der Oberflächenschicht aufgedruckt wurde. Durch Anwendung dieser Methode findet das Bodenprofil eine Flächen-Darstellung. Mit Leichtigkeit übersieht man jetzt auf grösseren Strecken sämtliche für den Bodenwerth entscheidende Faktoren: die petrographische Zusammensetzung der Oberflächenschicht durch das geologische Kolorit und die schwarzen Buchstabensymbole, — die Mächtigkeit derselben durch die rothen Zahlen, — die Durchlässigkeit oder Undurchlässigkeit des Untergrundes durch die vertikale oder horizontale Strichlage und endlich die Neigung der Oberfläche durch die grösseren oder geringeren Abstände der äquidistanten Niveaukurven. Ihre Erläuterung finden die Bodenverhältnisse in den Texten und zwar namentlich, aber nicht ausschliesslich in denjenigen zu den Flachlandsektionen.

Wenn nun auch trotzdem manchen der Landwirthe das Verständniss unserer Kartendarstellung fehlen und deshalb die Ausnutzung derselben für agronomische Zwecke entgehen mag, so steht doch soviel fest, dass die von solchen Gesichtspunkten aus durchgeführte spezielle Kartenaufnahme von Sachsen die einzig sichere Grundlage für die rationelle Bonitirung des Königreiches, also für die staatliche Werthschätzung von Grund und Boden bilden wird.

Wenden wir uns nun einer anderen Richtung der praktischen Bedeutsamkeit unserer geologischen Landesaufnahme zu! Ein tief in unsere wirthschaftlichen, industriellen und sanitären Verhältnisse eingreifender Faktor ist die Wasserversorgung. Früher wurde das Wasser als ein unaufhörlich quellendes und unversiegbar in den Adern des Landes rinnendes Geschenk der Natur betrachtet, das man unbekümmert und ohne Schonung und Maasshaltung nur zu benutzen brauchte. Wie hat sich dieses Verhältniss mit der Entwässerung und Nutzbarmachung unserer erzgebirgischen Torfmoore, mit der bis vor Kurzem stetig überhandnehmenden Entforstung unserer Berge, mit der enormen Entfaltung unserer wasservertilgenden Industrie geändert! Das Wasser ist jetzt bei uns ein kostbares Gut geworden, das an der Erdoberfläche in seinen zeitweilig fast trockenen Betten nur spärlich rieselt, dessen unterirdische Ströme wir mit Mühe und zum Theil mit Aufwand enormer Summen erschliessen, um die gewonnenen Wässer oft auf weiten und kunstvollen Wegen ihrem Nutzungsorte zuzuführen. Heute beruht in manchen Distrikten Sachsens fast die gesammte Stillung des Wasserbedürfnisses auf der Erschliessung von Wasservorräthen und Wasserläufen, die sich verborgen für

die Mehrzahl der Menschen unterirdisch, zuweilen tief unter der Oberfläche bewegen. Diese Ansammlungen und Strömungen vollziehen sich ausschliesslich nach geologischen Gesetzen. Ihr Nachweis, auch wenn er nicht vom Geologen selbst, sondern durch den Hydrologen geführt wird, ist deshalb eine rein geologische Aufgabe oder wird wenigstens durch die Kenntniss der geologischen und deshalb maassgebenden örtlichen Verhältnisse erleichtert und gesichert.

In hohem Maasse hat sich dies auch in Sachsen durch die Ausnutzung der von der geologischen Landesuntersuchung gewonnenen Resultate bewährt. Ohne die grossen Verdienste des weithin anerkannten Hydrologen Thiem um die Wasserversorgung Leipzigs schmälern zu wollen, war es doch der durch die geologische Landesuntersuchung erbrachte Nachweis eines der Vorzeit angehörigen, gewaltigen, von Grimma über Naunhof nach Leipzig gerichteten, von wasserführenden Kiesen erfüllten Strombettes der Mulde, welcher ihn zur Ausnutzung des letzteren für die Wasserversorgung von Leipzig veranlasste. Mit welchem Erfolg, das beweist die Thatsache, dass das von Thiem geschaffene Naunhofer Wasserwerk unserer Stadt im vorigen Jahre mehr als $7\frac{1}{2}$ Million Kubikmeter Wasser zugeführt hat. Von Naunhof aus wendet sich diese unterirdische Strömung innerhalb des alten Muldenlaufes über Abtnaundorf nach Leipzig und bewegt sich hier, langsam die alten Muldenkiese durchsickernd und die Brunnen selbst grosser industrieller Etablissements reichlich speisend, im Untergrunde ungefähr der nördlichen Hälfte unserer um die Vororte erweiterten Stadt. Südlich der auf unseren Spezialkarten festgelegten alten Uferlinie sind alle Versuche, einigermaßen ergiebige Brunnen zu erzielen, resultatlos geblieben.

Ganz andere als im Flachlande sind die Bahnen, auf denen sich die unterirdischen Wasser innerhalb des Berg- und Hügellandes bewegen. Fassen wir in dieser Beziehung zunächst das erzgebirgische Becken ins Auge. An seinem Rande sickern die atmosphärischen Niederschläge und Schmelzwasser auf der Ausstrichzone gewisser besonders durchlässiger Schichten des Rothliegenden ein, die ihnen von da ab als Wege in die Tiefe dienen. In dieser müssen sie abgefangen werden, um dem Wassernothstande der dortigen Industrie und städtischen Verwaltungen abzuhefen. Der geologische Bau dieses den flachen Trog zwischen dem erzgebirgischen und mittelgebirgischen Schichtensattel ausfüllenden Rothliegend-Beckens liegt jedoch jetzt in solcher Klarheit vor unserem Auge, dass es nicht nur möglich geworden ist, ein maassgebendes Urtheil über die örtliche Thunlichkeit der Erbohrung von Wasser zu fällen, sondern meist auch die jedesmalige Tiefenlage der die Wasserströme leitenden Schicht, also zugleich die Teufe des zu ihrer An-

zapfung benötigten Bohrbrunnens im Voraus auf das Genaueste zu fixiren. Seitdem man z. B. in Chemnitz wesentlich auf Veranlassung der geologischen Landesuntersuchung und zwar ihres nicht nur um die Geologie des erzgebirgischen Beckens hochverdienten, langjährigen Mitarbeiters Prof. Siegert, den Muth fand, mit Bohrbrunnen bis zu den wasserführenden Schichten des Mittel-Rothliegenden und zwar bis zu Tiefen von etwa 100 m einzudringen, liefert eine nicht geringe Zahl solcher im Vertrauen auf die geologischen Verhältnisse der Gegend abgeteufte Brunnen und Bohrlöcher reichliche Wassermassen, die, wie ebenfalls vorher gesagt werden konnte, in Folge der beckenförmigen Lagerung der Schichten oft von selbst, also artesisch, bis an die oder nahe bis zur Oberfläche emporsteigen. Welche Ersparnisse, ganz abgesehen von anderen Vorzügen, durch solche Brunnenbohrungen von einzelnen der dortigen Etablissements erzielt worden sind, mag durch ein Beispiel illustriert werden: Der Schlacht- und Viehhof in Chemnitz erschrotoete durch eine auf Veranlassung von Prof. Siegert unternommene Bohrung von 65 m Tiefe so reichliches Wasser, dass der Bezug von solchem aus der städtischen Wasserleitung aufgegeben wurde und der früher dafür geleistete Zins von jährlich mehr als 4500 *M* nicht weiter zu verausgaben war. Aehnliches gilt von einer Anzahl solcher Unternehmungen nicht nur in und um Chemnitz, sondern in verschiedenen Theilen des erzgebirgischen Beckens.

Viel komplizirter als in diesem liegen anderwärts die geologischen und mit ihnen die hydrologischen Verhältnisse, so z. B. im Vogtlande. Diese geklärt zu haben, ist das Verdienst unseres mit der geologischen Untersuchung und Kartirung jenes Distriktes betrauten Mitarbeiters, des Herrn Seminaroberlehrers E. Weise in Plauen. Die paläozoische Schichtenreihe des Vogtlandes ist durch die Einwirkung sowohl des erzgebirgischen, wie des thüringischen gebirgsbildenden Schubes zu dem verwickeltesten Faltenwurf zusammengestaucht und durch gleichzeitig aufgerissene Spalten zu einer Riesenbreccie zerstückelt und verworfen worden. In diesem Gebiete intensivster tektonischer Störungen haben sich mehrere wasserführende und für die Zwecke konstanter und reichlicher Wassergewinnung nutzbare Horizonte nachweisen lassen: die Grenzflächen der Lager von mittel- und oberdevonischen Diabastuffen, — die diskordante Auflagerungsfläche der letzteren und des Unterdevons auf dem Untersilur, — die Kontaktfläche zwischen Granit und den von ihm durchsetzten Schiefer, endlich einige der Verwerfer, welche jene Gegend durchsetzen. Auf derartigen Diskontinuitäten hat man neuerdings auf Weisels Rath an einer grösseren Zahl vogtländischer Punkte das willkommene Element in grosser Ergiebigkeit erschlossen. Auch die

bereits im Bau begonnene Wasserleitung für die Stadt Plauen ist darauf basirt, der Gebirgsscheide zwischen dem Granit von Bergen und seinen Kontaktschiefern die Wasser zu entnehmen, welche der Stadt auf eine Entfernung von 10 km zugeführt werden sollen. Der Stadt Oelsnitz kommt bereits das Wasser zu Gute, welches seinen unterirdischen Lauf von den Grenzflächen der Diabastuffe einer oberdevonischen Mulde angewiesen erhält.

In keiner anderen Richtung macht sich der Einfluss der geologischen Landesuntersuchung in gleich segenspendendem Maasse geltend, wie gerade in der Ertheilung von Rathschlägen zur Gewinnung von Wasser. Die Berichte unserer Geologen pflegen am Schlusse jedes Jahres zahlreiche Fälle namhaft zu machen, in denen ihr in dieser Richtung begehrt Rath von Erfolg gekrönt war.

Hat zunächst der Bezug von Trink- und Gebrauchswasser den Vätern mancher Stadt und deren steuerzahlenden Bürgern schwere Sorge bereitet, so steigen die gleichen drohenden Gespenster auf, wenn sich die Frage erhebt: Wie die Wasser, die man gerufen, nun wieder los werden, also, wenn es sich um die Beseitigung der Abfallwässer handelt. Der zu diesem Zwecke erstrebenswerthe Weg dürfte, wenn auch diese Frage noch nicht vollkommen spruchreif zu sein scheint, die Anlage von Rieselfeldern sein. Eine solche kann aber nur dann in Erwägung gezogen und ausführbar werden, wenn sich in der Nähe der zu solchen Maassnahmen genöthigten Stadt der geeignete, also bis zu grösserer Tiefe leicht durchlässige und zugleich den eintretenden Wassern einen natürlichen oder künstlichen Abfluss ermöglichende Boden findet. Diesen nachzuweisen oder in Vorschlag gebrachte Flächen auf ihre Tauglichkeit zu prüfen, das sind geologische Aufgaben, denen durch die vorhandenen geologischen Spezialkarten ein wesentlicher Vorschub geleistet wird. Mitglieder der geologischen Landesuntersuchung haben neuerdings wiederholt dem Ruf nach derartiger Beihilfe durch geologischen Rath mit Freuden Folge geleistet.

Der Bergbau war seit Jahrhunderten Sachsens Stolz, Zierde und Bereicherer. Was Geologie und Bergbau sich gegenseitig geleistet haben, wie sie beide durch wechselseitige Verpflichtung und Dankbarkeit innig verflochten sind, brauche ich nicht auszumalen vor den Vertretern der technischen Wissenschaften und Künste eines Landes, welches in der berühmten Bergakademie Freiberg eine der ältesten, beiden Wissenschaften gemeinsame Pflegstätte birgt, welches einen Agricola, Werner, Freiesleben, Cotta, Naumann, Geinitz und Stolzner sein eigen nennt. Für mich handelt es sich hier um die Frage: Haben die Arbeiten der geologischen Landesuntersuchung den bergbaulichen Interessen irgend

welche Vortheile gebracht oder werden sie ferner in der Lage sein, ihnen irgend welchen Vorschub zu leisten?

Dem alt ehrwürdigen Erzbergbau, jetzt dem Sorgenkinde der staatlichen Obhut und Aller, deren Herz an jenem edlen Gewerke hängt, — ihm, so scheint es, werden weder bergmännische Kunst noch geologische Wissenschaft auf die Dauer helfen können. Unsere Vorfahren haben die Schatzkästlein der Mutter Erde im Erzgebirge fast völlig ausgeräumt. In weiten Gebieten unseres Gebirges, die einst der Klang von Schlägel und Eisen, das Rollen der Hunte und das Dröhnen der Pochstempel durchtönte, ist jetzt schon längst der letzte Bergmann zur letzten Schicht angefahren!

Im Aktenstaub vergraben, würde die Geschichte manches städtegründenden Bergbaues des Erzgebirges und die Kunde von dessen einst so wunderbar reichen Erzlagerstätten fast der Vergessenheit anheimfallen, wenn nicht der gründlichste, und zugleich auch am längsten und innigsten mit ihnen verwachsene Kenner der erzgebirgischen Erzdistrikte, Herr Oberbergrath H. Müller in Freiberg, den die geologische Landesuntersuchung die Ehre hat, ihren Mitarbeiter zu nennen, sich dem grossen Unternehmen gewidmet hätte, alle jene Stätten längst vergangenen bergbaulichen Schaffens in getreuem Bilde der Zukunft zu überliefern. Binnen wenig Tagen folgt seiner früheren Publikation über die Erzlagerstätten der Umgegend von Berggieshübel ein stattliches, durch farbige Tafeln illustriertes Heft „Die Erzgänge des Annaberger Bergrevieres“. Bald werden gleichfalls als Publikationen der geologischen Landesuntersuchung Monographien der Erzdistrikte Marienberg, Schneeberg und Freiberg von Müller's Hand sich anreihen.

Anders wie auf der Hochfläche des Erzgebirges verhält es sich im Flachland. Hier beginnt sich die Aufmerksamkeit mehr und mehr auf die Bedeutung der Braunkohlenflötze zu richten, die namentlich im nordwestlichen Sachsen die jüngere Tertiärformation unterlagern, aber in Folge des Wasserreichthums gewisser Schichten der letzteren dem Abbau grosse Schwierigkeiten zu bereiten im Stande sind. In gar manchen Fällen sind diese bergbaulichen Versuche auf die Anregung durch unsere Spezialkarte zurückzuführen und gar oft ist in dieser Richtung der Rath der geologischen Landesuntersuchung eingeholt worden. Nicht selten lautete dieser wenig ermutigend, ja warnend oder auf das Bestimmteste vor jedem Versuche mahnend. Und wie hier im Leipziger Kreise, so auch bei sehr zahlreichen anderen Gelegenheiten in den übrigen Gebieten Sachsens, sobald bergmännischer Unternehmungsgeist durch Irrlichter auf falsche Bahnen geleitet worden war. Aber gerade darin

Civilingenieur XLI.

liegt eine schwerwiegende Aufgabe des Geologen, zu verhüten, dass Gelder nutzlos in die Erde versenkt, Hoffnungen mit ihnen begraben werden.

Es könnte vermessen klingen, zu behaupten, dass die geologische Landesuntersuchung auch dem Steinkohlenbergbau sich für die vielen und grossen Gaben, die er ihr dargeboten hat, durch eine, wenn auch nur geringfügige Gegenleistung dankbar erwiesen hätte. Und doch hat die geologische Landesuntersuchung auch in einzelnen der Steinkohlenreviere ihre Spuren hinterlassen. Denken Sie, meine Herren, die Sie den Lugau-Oelsnitzer Bergbau kennen, zurück, vielleicht erinnern Sie sich noch jenes jetzt kaum mehr glaublichen Wirrwarrs in der Benennung der dortigen Flötze. Letztere wurden mit Zahlen bezeichnet, wobei jeder Schacht seine von ihm durchsunknen bauwürdigen Flötze von oben nach unten zählte. Der eine traf nun und zählte gewisse hangende Flötze, die dem anderen fehlten, der demnach vielleicht das 4. Flötz seines Nachbars als 1. Flötz benannte. Legten sich irgendwo zwei Flötze aufeinander, so wurde dort die Zahlenreihe kürzer, erlitt an anderer Stelle ein Flötz eine Gabelung, so verlängerte sie sich. Auf solche Weise gelangte man dazu, ein und dasselbe Flötz beispielsweise auf dem Gottes-Segen-Schachte als fünftes, auf Saxonia als zweites, auf dem Deutschland-Schachte als siebentes zu bezeichnen. Ausser durch diese Methode in der Benennung der Flötze war deren Identifizierung, deren Verfolg durch das gesammte Becken dadurch fast unmöglich gemacht, dass die Beamten der einzelnen Schächte ihre Erfahrungen über die Flötzverhältnisse, sowie ihre Risse gegenseitig geheim hielten. Auf Veranlassung, stete Anregung und durch nicht zu unterschätzende Mitwirkung der geologischen Landesuntersuchung und zwar ihres vorher erwähnten Mitarbeiters, des Prof. Siegert, gelang die Identifizierung der Flötze der Einzelfelder, sowie eine für das ganze Lugau-Oelsnitzer Revier gültige, einheitliche Benennung dieser Flötze, ferner die Herbeiführung der Herstellung eines das ganze Revier umfassenden, mustergültigen Generalrisses. In den von Prof. Siegert bearbeiteten Tafeln mit Profilen durch das Lugau-Oelsnitzer Becken fand diese geklärte Auffassung ihren ersten publizistischen Ausdruck.

Als einen grossen Gewinn betrachte ich es, dass die geologische Landesuntersuchung den Markscheider Herrn R. Hausse in Zauckerode zur Mitarbeiterschaft und zwar zur graphischen sowie zur textlichen Behandlung des Döhlener Steinkohlenbeckens zu gewinnen vermochte. Hervorragende praktische Bedeutung hat unter Anderem die von ihm gegebene kartographische Darstellung des dortigen Hauptflötzes und die Festlegung der Grenze

seiner Bauwürdigkeit. Diese Umgrenzung — das Resultat langjähriger Erfahrungen und Beobachtungen — sollte jeden Bergbaulustigen warnen vor nutzlosen, aber kostspieligen Unternehmungen ausserhalb derselben. Auch dafür, dass die viel umstrittene Hainsberg-Quohrener Mulde ein selbständiges Steinkohlenflöz berge oder dass das in jener Richtung sich auskeilende und vertaubende Hauptflöz des Döhlener Beckens in ihr wieder zu abbauwürdiger Mächtigkeit anschwellt, ist wenig Aussicht vorhanden.

Einen nicht zu unterschätzenden praktischen Nutzen gewähren ferner die von Hausse auf der III. seiner Tafeln gegebenen Spezialprofile zur Erläuterung der Anzahl, Mächtigkeit und Beschaffenheit der Kohlenflöze des Döhlener Beckens und ihrer Zwischenmittel. Diese graphische Darstellung ermöglicht zugleich den einheitlichen Verfolg der tiefen, unter dem Hauptflöz gelegenen Flöze, liefert freilich auch den Nachweis, dass dieselben im grössten Theile ihrer Erstreckung unabbaubar sind.

Von hohem bergmännischem Werthe ist ferner die von Hausse durchgeführte Identifizierung der in den verschiedenen Grubenrevieren des Döhlener Beckens erschlossenen Verwerfungen. Auf Grund der ersteren lässt sich für den Abbaubetrieb der einzelnen Reviere im Voraus angeben, wo und wann diese Verwerfungen von Neuem angefahren werden müssen. Es ist dadurch in weit höherem Grade als früher möglich geworden, bei den Dispositionen zu den Einleitungsarbeiten innerhalb der noch nicht aufgeschlossenen Feldtheile im Voraus die nöthige Rücksicht auf diese Dislokationen zu nehmen. Der Nachweis, dass die letzteren reine Spaltenverwerfungen und zwar ausnahmslos einfache Absenkungen sind, vereinfacht das Ausrichtungsverfahren wesentlich.

Welchen Grad von Genauigkeit die für den Geologen und praktischen Bergmann gleich instruktiven Hausse'schen Profile besitzen, zeigt die Erteufung des Kalksteinflözes im Mittelrothliegenden des Marienschachtes. Trotz der gewaltigen Dislokation des dortigen Steinkohlengebirges ist jener Kalkstein doch genau in derjenigen Tiefe angetroffen worden, wie sie Hausse bereits ein Jahr früher auf der II. seiner Tafeln mit Profilen durch das Döhlener Becken festgelegt hatte.

Der Ingenieur und Architekt erkennt es längst an, dass ihm die Geologie eine unentbehrliche Gehülfin ist. Für ihn muss die geologische Spezialkarte eine reiche Quelle nutzbarer Belehrung sein. Ob er vor der Wahl der Trasse einer Eisenbahnlinie steht, oder beim Bau der letzteren grosse Massenbewegungen vorzunehmen hat, ob er die Schwierigkeiten und die Kosten einer Tunnelanlage er-

wägt oder Auf- und Abtragsarbeiten projektirt — zwei wichtige Faktoren für seine Entscheidung liefert ihm die geologische Spezialkarte stets: einerseits die petrographische, also die oft rasch wechselnde Gesteinsbeschaffenheit des zu berührenden Terrains; andererseits dessen architektonische Verhältnisse, also seinen mehr oder weniger fest gefügten, den Druck mehr oder weniger begünstigenden inneren Aufbau.

Ich würde nicht wagen, vor Ihnen, meine Herren, auszuführen, wie unsere geologischen Spezialkarten durch genaue Wiedergabe aller in irgend einer Richtung für die Technik nutzbaren Gesteinsvorkommnisse dem vielseitigen Bedürfnisse der Technik und technischen Betriebsamkeit abzuheilen bestimmt sind. Aus ihnen ersieht der Erbauer einer Verkehrsstrasse ebenso wie der Leiter oder Schöpfer irgend einer gewerblichen Anlage mit raschem Blicke die für seine Zwecke günstigsten gelegenen Vorkommnisse von Sand und Kies, deren er zur Beschotterung oder Mörtelbereitung benöthigt — von Thonen und Lehmen zur Erzeugung von Ziegeln, Chamotten und anderen keramischen Produkten — von reinen oder mergeligen Kalksteinen behufs Bereitung von Kalk und Zement — von Quarziten, Kiesel-schiefern oder Basalten, die ihm das haltbarste Strassenmaterial liefern — kurz von allen, zu irgend welchem baugewerblichen Zwecke geeigneten Gesteinen, von solchen an, die nur rohe Bruchsteine ergeben, bis zu denen, die sich zur Herstellung von Platten, Werksteinen, Stufen und Ornamenten eignen oder der Bossirung zu Pflastersteinen fähig sind. Noch erleichtert wird die auf solche praktische Zwecke gerichtete Nutzbarkeit der Karte durch einen vielen Erläuterungen beigelegten eigenen Abschnitt, in welchem auf alle technisch verwertbaren Gesteinsvorkommnisse des Kartengebietes besonders hingewiesen wird.

Die geologischen Vorkenntnisse, die zur Ausnutzung solchen von der Karte ertheilten graphischen Rathes befähigen, bringt ja, Dank der Vielseitigkeit der ihm von unseren technischen Hochschulen gewährten Belehrung, jeder Ingenieur und Architekt von der Stätte seiner akademischen Studien mit.

In welchem Maasse die Bevölkerung Sachsens sowohl die wissenschaftliche und heimathskundliche, wie die praktische Nutzbarkeit unserer Spezialkarte zu würdigen versteht, dafür liefert die That-sache einen erfreulichen Beweis, dass von den bis jetzt publizirten Einzelblättern im Ganzen über 18000 Exemplare durch Verkauf abgesetzt worden sind.

Ich begann meinen Vortrag vor Ihnen, meine Herren, mit der Ankündigung des unmittelbar bevorstehenden Abschlusses der geologischen Landesaufnahme. Was wird dann,

so mag man allgemein mit Recht fragen, aus den die Geologie und Paläontologie von ganz Sachsen illustirenden Sammlungen, welche zugleich die gesammten Beleg- und Beweisstücke für die kartographischen und textlichen Publikationen der geologischen Landesuntersuchung, sowie die Originale vieler sonstiger paläontologischer und petrographischer Veröffentlichungen unserer Mitarbeiter enthalten? Was wird aus der werthvollen Bibliothek und der umfangreichen Sammlung von geologischen Karten aller Herren Länder? Wie wird die im Laufe von Jahrzehnten auf Kosten des Landes erworbene geologische Kenntniss und praktische Erfahrung auch fernerhin der Heimath nutzbar gemacht werden? — Ich freue mich, meinen heutigen Vortrag mit der Mittheilung schliessen zu können, dass das Königliche Finanz-Ministerium bereits seine Geneigtheit ausgesprochen hat, dieses Material und diese Hülfsmittel nach Abschluss

der eigentlichen geologischen Landesaufnahme auch fernerhin als selbständiges Institut zu erhalten. Dasselbe wird dann allen Interessenten zugänglich und nutzbar gemacht werden und zugleich fortdauernd zur Ertheilung von Rath und Auskunft in wissenschaftlichen und praktischen Fragen bereit sein, soweit dieselben sächsische Geologie betreffen oder mit dieser in Verbindung stehen.

So ist denn zu hoffen, dass dann, wenn das gesammte Kartenwerk der Benutzung zu Grunde gelegt werden kann, in immer sich steigendem Maasse und in wachsender Ausdehnung die der geologischen Landesuntersuchung bei deren Errichtung gestellte Aufgabe sich erfüllen werde:

**Nutzbarmachung der gewonnenen Resultate für
Wissenschaft und Praxis.**

Sollen wir vorzugsweise steinerne oder eiserne Brücken bauen?

Vortrag

von

Betriebs-Oberingenieur **Dr. Fritzsche** in Dresden

in der

136. Hauptversammlung des Sächsischen Ingenieur- und Architekten-Vereins, am 2. Dezember 1894.

Hochgeehrte Herren! Auf die Frage, ob in einem gegebenen Falle, in welchem die bestehenden örtlichen Verhältnisse keine Beschränkung auferlegen, eine Steinbrücke oder Eisenbrücke den Vorzug verdient, lautet die Antwort sehr verschieden, je nachdem sie vom Stein- oder Eisenerlieferanten, vom Maurer- oder Schlossermeister, vom Eisenhüttenwerksbesitzer oder — vom Staatsfinanzmann ausgeht; mit anderen Worten, je nachdem sie im Hinblick auf Privatinteressen oder auf die allgemeine Wohlfahrt gegeben wird.

Der Ingenieur ist in der Regel der unparteiische Vertrauensmann, welcher bei Entscheidung hierüber zu Rathe gezogen wird, vorausgesetzt, dass er nicht als Bauunternehmer oder als Spezialist für Stein- oder Eisenkonstruktionen auftritt, sondern als Beamter des Bauherrn oder als Civilingenieur seine Thätigkeit auf zweckentsprechende Projektirung, Veranschlagung und Leitung des Baues beschränkt.

Ich bekenne mich von vornherein als Freund der Steinkonstruktionen, weil sie da, wo festes, wetterbeständiges Baumaterial von gewachsenen Felsen oder gebrannten Steinen zur Verfügung steht, oder wo Bruchstein-Zement-Konkret ausreichend erscheint, den Zweck der Brücken in einfacher, naturgemässer Weise erfüllen, welcher in der Hauptsache darin besteht: im Interesse der Erleichterung des Verkehrs die Unebenheiten der Erdoberfläche an denjenigen Stellen dauerhaft auszugleichen, an welchen Bodenaufschüttungen nicht zulässig sind.

Wo freilich Verhältnisse besonders ungünstiger Art vorliegen, z. B. ein Fluss in sehr spitzem Winkel zu unterführen ist, oder mit Rücksicht auf wenig tragfähigen Baugrund, auf Schiffahrt, auf starke Ablenkung der Wasseraufrichtung, die Wahl sehr grosser, d. h. mehr als 50 bis

60 m im Lichten weiter Durchflussöffnungen geboten erscheint, oder Unterführung einer Strasse in unabänderlich beschränkter Konstruktionshöhe erfolgen muss u. s. w., da verbietet sich die Herstellung der tragenden Brückentheile aus Stein von selbst und da greift man mit Freuden zu dem Eisen, das geeignet ist, über mancherlei ungewöhnliche Hindernisse in erwünschter Weise hinweg zu helfen. Gewiss ein grosser Theil des in den letzten Jahrzehnten enorm gestiegenen Eisenverbrauchs im Deutschen Reiche — er hat 867099 T im Jahre 1861 und 3659070 T im Jahre 1893 betragen — ist auf Rechnung der eisernen Brücken und Gerüstpfelerviadukte zu setzen. Denn die früheren Zweifel bezüglich der Dauerhaftigkeit der Eisenkonstruktionen in freien, den Witterungseinflüssen ausgesetzten Lagen, sind durch die Ergebnisse der im Laufe der letztverflossenen Jahrzehnte ausgeführten zahlreichen Durchbiegungsmessungen, deren periodische Wiederholung beispielsweise in Sachsen auf meinen Antrag schon im Jahre 1872 von Seiten der Kgl. Staatseisenbahnverwaltung angeordnet worden ist, sowie durch die Ergebnisse der Beobachtungen des Verhaltens bei oft wechselnden Beanspruchungen insoweit beseitigt, dass man von der Standfähigkeit einer Eisenbrücke sich überzeugt hält, wenn sie weder ungewöhnliche bleibende Setzungen noch Seitenschwankungen zeigt und nicht der Rostbildung unterliegt: Alles Zustände, die leicht zu erkennen und durch entsprechende Konstruktionsformen sowie sorgfältige Instandhaltung zu verhüten sind.

Aber nicht nur das Naturgemässe der Steinbrücken ist es, welches mich zu deren Bevorzugung bestimmt hat, sondern in noch höherem Maasse das wirthschaftlich Vortheilhafte derselben.

Wenn auch Steinbrücken bei ihrer ersten Herstellung

zuweilen mehr Kosten verursachen als Eisenbrücken, so werden sie im Laufe der Zeit unter Hinzutritt der Instandhaltungskosten doch billiger als letztere.

Wenn ausserdem die Steingewölbe etwas mehr Bauzeit erfordern als eiserne Fahrbahnträger, deren Haupttheile im Eisenhüttenwerke gleichzeitig mit der Aufmauerung der Widerlager an der Brückenbaustelle fertig bearbeitet werden können, so steht dem gegenüber die viel ungünstiger wirkende, im Laufe der Jahre oft wiederkehrende Störung des Verkehrs auf Eisenbrücken in den Zeiten, in welchen die Eisenkonstruktionen bezüglich ihres Zustandes untersucht und je nach dem Ergebnisse reparirt, verstärkt und behufs Verhinderung der Rostbildung nach gründlicher Reinigung neu angestrichen werden müssen.

Der Ingenieur würde den Vorwurf der Kurzsichtigkeit verdienen, wenn er so wichtige Instandhaltungsfragen bei der Wahl der Bauart einer neuen Brücke nicht in Rechnung ziehen wollte.

Es wird ihm leicht gelingen, den Bauherren, gleichviel, ob dies ein Vertreter des Staatsfiskus oder einer Gemeinde u. s. w. ist, zu überzeugen, dass Steinmaterial in erster Linie in's Auge gefasst werden muss, wo eine Brücke eine lange Reihe von Jahrzehnten bestehen bleiben soll.

Handelt es sich aber nur um eine für wenige Jahre erforderliche Interimsanlage für verhältnissmässig schwachen Verkehr, z. B. Zu- und Abfuhr der Rohmaterialien und Erzeugnisse eines Bergwerksbetriebes, dessen Bestand lediglich auf kurze Zeit gesichert erscheint, dessen Einrichtungskosten daher zweckmässig so niedrig als thunlich bemessen werden müssen, da wird nach Befinden eine Holzbrücke genügen oder auch eine billig herzustellende gemischte Konstruktion Anwendung finden dürfen, sei es nach Monier-Bauart oder nach der in neuester Zeit von Drenckhahn und Sudhop in Braunschweig eingeführten Konstruktion mit Betonträgern, deren Untergurte durch Flacheisen mit quer aufgenieteten, das Rutschen des Zementbetons verhindernden Winkelleisen gebildet werden.

Denn, dass diese und andere ähnliche, aus Betonmasse und Eisen zusammengesetzte Konstruktionen, — bezüglich deren Tragfähigkeit im unversehrten Zustande und deren langen Dauer in gut bedeckten Lagen, also vorzugsweise in Gebäuden, kein Zweifel besteht. — bei ihrer Aufstellung im Freien zu Bedenken bezüglich ihrer Dauer Anlass geben und daher hier bis auf Weiteres nur zu untergeordneten Bauwerken, wie z. B. als Ueberführung eines Fabrik-Anschluss-Eisenbahngleises über die Oker bei Rüningen unweit Braunschweig, welche im letztverflossenen Sommer 1894 hergestellt wurde, verwendet werden möchten, ist in der Schwierigkeit begründet, die im Innern der Zementbetonmassen eingebetteten Eisentheile, welche bei Revision des Zustandes des Bauwerkes nicht gesehen werden können, vor Rost zu schützen.

Die Rostbildung und somit allmähliche Schwächung der Tragfähigkeit der verwendeten Eisentheile ist bekanntlich nicht zu vermeiden, wo Wasser und Luft abwechselnd an die Eisenoberfläche gelangen. Die Fügigkeit hierzu auch bei den Monierbauten ist gegeben, wenn der das Eisen umhüllende Zementbeton so, wie es bei den zeither ausgeführten Bauten in der Regel der Fall ist, das Durch-

dringen der Feuchtigkeit zulässt. Es bedarf dann nur des Vorkommens von kurzen Stosswirkungen oder lang anhaltenden Erschütterungen oder von Frostaufreibungen, welche in der wasserdichten Zementhülle Haarrisse erzeugen, um ungeachtet der Eigenschaft des Zementbetons: am Eisen fester zu haften als in sich selbst, sehr bald das Eindringen der Feuchtigkeit bis an die Oberflächen der eingebetteten Eisenstäbe geschehen zu lassen, somit die Gefahr herbeizuführen, welche vom Vereine deutscher Portland-Zement-Fabrikanten in seiner Druckschrift:

„Der Portland-Zement und seine Anwendung im Bauwesen, Berlin 1892“

auf Seite 288 mit nachstehenden Worten angedeutet ist:

„Wenn Rostbildung an dem Eisengerippe einmal begonnen hat, so schreitet die Zerstörung desselben, unter Mitwirkung der Alkalien des Zements, rascher vor als bei Berührung bloss mit Wasser und Luft.“

Hiernach erscheint es im allgemeinen Interesse geboten, weit mehr als zeither geschehen, Werth darauf zu legen, dass alle vorkommenden Erfahrungen in bautechnischen Kreisen bekannt werden und zwar auch dann, wenn sie unbedeutender Art sind und auf Nachlässigkeit der Bauarbeiter sich zurückführen lassen, wie z. B. das von mir bemerkte Abbröckeln von Simstheilen des Wasserturmes auf Bahnhof Reichenbach i. V., wodurch das Eisengerippe sichtbar geworden war, sowie die, ein Jahr nach Inbetriebnahme beim revisionsweisen Beklopfen der inneren Wölbfläche im vorigen Jahre wahrgenommene hohle Stelle neben dem Eisengerippe des Bahnsteigtunnel-Gewölbes auf Bahnhof Gera-Pforten, die nach Abhacken des darunter befindlichen Gewölblaibungstheiles anscheinend vollkommen dauerhaft reparirt worden ist. Erst dann, wenn nach Bekanntwerdung einer grossen Anzahl ähnlicher Vorkommnisse die Ueberzeugung Platz greift, dass sie ohne bedenkliche Nachwirkungen zu verlaufen pflegen und namentlich die den schwachen Monier-Konstruktionen zu Grunde liegende, durch sorgfältige Experimente nachgewiesene Eigenschaft des Betons: sich mit dem Eisen innig (mechanisch und chemisch) zu verbinden und in Folge dessen Rostbildung zu verhindern, auch bei den praktischen, mehr oder weniger von der Zuverlässigkeit der Arbeiter abhängigen Ausführungen in vollem Maasse gewährleistet wird, ist diese Bauart auch zur uneingeschränkten Anwendung in freien, dem Regen, Schnee und Frost ausgesetzten Lagen zu empfehlen.

Von der vorstehenden kleinen Abschweifung zurückkommend zu meinem Hauptthema, will ich zunächst an der wirtschaftlichen Seite desselben wieder anknüpfen und dann zu vergleichender Gegenüberstellung einiger ausgeführten Fluss- und Strassen-Ueberbrückungen aus alter und neuer Zeit übergehen.

Zeither hat man sich nicht darauf beschränkt, eiserne Brücken nur da zu bauen, wo örtliche Verhältnisse die Herstellung von Steinbrücken nicht zulassen, sondern man hat unverkennbar nach dem Beispiele der in der grossen Gründerperiode vor einigen und zwanzig Jahren gebildeten Eisenbahn-Baugesellschaften, denen überwiegend an schneller und billiger, weit weniger an dauerhafter Bauausführung gelegen war, innerhalb wie ausserhalb Deutschlands, die Herstellung eiserner Brücken bevorzugt und in Folge dessen

eine so grosse Anzahl solcher geschaffen, dass die Kosten der laufenden Instandhaltung derselben bereits begonnen haben, in den Jahresrechnungen der Staats- und Gemeinde-Verwaltungen eine unerwünscht hervortretende Rolle zu spielen, umso mehr, als man durch ernstliche Erörterungen über die Ursachen vorgekommener Einstürze eiserner Brücken zu der Erkenntniss gekommen ist, dass jetzt, dem Aufschwunge der Industrie entsprechend, bedeutend stärkere Konstruktionen erforderlich sind, als früher aus Ersparnissrücksichten gewählt wurden und man daher sich genöthigt gesehen hat, an zahlreichen eisernen Bauwerken durchgreifende Verstärkungen (in erster Linie Ersatz der Flacheisen-Verbindungen durch Winkelleisen-Konstruktionen), nach Befinden sogar, und zwar vorzugsweise bei Eisenbahnbrücken, vollständig neue Gleisträger zu beschaffen.

Dass man hierbei im Hinblick auf, in Zukunft zu erwartende, immer höher steigende Anforderungen bestrebt ist, Konstruktionen zu wählen, welche wesentlich grössere zufällige Belastungen mit Sicherheit zu tragen vermögen, als gegenwärtig vorkommen, erscheint selbstverständlich.

Dem Vernehmen nach ist beispielsweise bei Konstruktion der jetzt im Bau befindlichen eisernen Rheinbrücke bei Roppenheim eine 50 % höhere Belastung in Rechnung gestellt worden als mit den z. Z. dort vorhandenen Eisenbahnbetriebsmitteln äussersten Falls ausgeübt werden kann.

Ebenso selbstverständlich ist es aber auch, dass man dabei zu Bauausgaben gelangt, die in vielen Fällen nicht mehr wie früher niedriger, sondern höher sind, als die für entsprechend grosse Steinbrücken aufzuwendenden Anlagekosten und dass deshalb eine Umkehr in der Gewohnheit, zahlreiche Eisenbrücken zu bauen, sicher zu erwarten steht, zumal mit Steinbrücken eine, das zur Bauzeit gerade vorliegende Bedürfniss übersteigende Tragfähigkeit, des gegenüber dem Eisen minder kostspieligen Steinmaterials wegen, wesentlich billiger zu erreichen ist.

Dazu kommt bei Eisenbahnbrücken noch die Rücksicht auf möglichste Vergrösserung der Fahrgeschwindigkeit der Schnellzüge.

Während steinerne Unterführungen für Wege, Flüsse u. s. w. die gleichmässige Durchführung des Oberbaues der Fahrgeleise gestatten, bilden eiserne dergleichen Unterbrechungen des gleichmässigen Gleisbaues, somit wunde Stellen in den Gleisen, die vorsichtigeres Fahren, d. h. verminderte Geschwindigkeit der Züge, erfordern.

Man kann zwar auch die eisernen Brücken so bauen, dass dichtschiessende Blechdecken mit Kies überfüllt ebenso wie bei Steinbrücken gleichmässige Durchführung des Oberbaues der Fahrgeleise gestatten, dann werden die Herstellungskosten aber so hoch und die Bauhöhen der Fahrbahntafeln so gross, dass Quadergewölbe aus Granit oder einem anderen, ähnlich festen Gestein wesentlich billiger zu stehen kommen und überall den Vorzug verdienen, wo örtliche Verhältnisse die durch Wölbungen veranlassten Beschränkungen der seitlichen lichten Höhen der Unterführungen gestatten.

Während derartige eiserne Tragwerke mit gleichmässig tragfähigem, daher für Gleisverschiebungen nach seitwärts

geeigneten Kiesbett bei Unterführungen bis zu etwa 15 m lichter Weite 80 bis 105 $\mathcal{M}$ pro qm des überbauten lichten Raumes kosten, und zwar ausschliesslich des Aufwandes für die in der Regel steinernen Widerlager, stellt sich der Preis für 50 cm starkes Quadergewölbe aus bestem Granit auf 30 bis 40 $\mathcal{M}$ pro qm , also so wesentlich billiger, dass die für das Gewölbe nöthige grössere Stärke der Widerlager wohl in keinem Falle zur Aufwendung ebenso hoher Gesamtbaukosten führen wird, wie sie bei Eisenbrücken mit Kiesbett entstehen.

Diese und weitere Erwägungen über erschwerten Schutz der mit Kies überlagerten Blechabdeckungen gegen Rost haben in neuester Zeit bei der Kgl. Sächs. Staatseisenbahn-Verwaltung Veranlassung zu Erörterungen darüber gegeben, ob diejenigen der in Betriebslinien vorhandenen zahlreichen eisernen Weg- und Wasserunterführungen, welche mit Rücksicht auf die im Laufe der Zeit eingetretene grössere Inanspruchnahme verstärkungsbedürftig befunden worden sind, nicht durch steinerne Wölbbrücken ersetzt werden könnten? und es sind in Folge dessen schon einige derartige Ersatzbauten mit natürlichen und gebrannten Steinen u. s. w. ausgeführt worden. Noch andere werden sich finden, wenn die vor Kurzem im Buchhandel erschienene, im Auftrage des Kgl. Finanzministeriums bearbeitete hydrographische Karte des Königreichs Sachsen allseitig dazu benutzt wird, festzustellen, ob die bei Anlage der Eisenbahnen auf Grund der nicht immer zuverlässig richtig bekannt gewordenen Wasserscheiden berechneten Durchflussöffnungen für Wasserläufe eine Beschränkung des lichten Raumes der Ueberbrückungen insoweit gestatten, dass Wölbbögen an Stelle der horizontalen eisernen Gleisträger eingebaut werden dürfen. Die hierbei zuweilen erforderliche Verstärkung der Widerlager durch Hintermauerung, oder bei statthafter Verengung der lichten Weite, durch Vormauerung, ist unbedingt auszuführen, wenn sie mit Zementmörtel erfolgt. Auch die bei Wegunterführungen behufs Wahrung der bei Gelegenheit des Bauarealerwerbs bedungenen lichten Höhen meist nöthigen Tieferlegungen der Fahrbahnen derselben, sind in vielen Fällen, insbesondere bei Wirtschaftswegen, leicht ausführbar.

Aber selbst dann, wenn Schwierigkeiten technischer Art vorliegen und Widersprüche von Gemeinden oder Privathaberechtigten erhoben werden sollten, deren Beseitigung beachtliche Mehrkosten veranlassen würde, erscheint energisches Vorgehen in der angedeuteten Richtung geboten, wenn man nicht auf Durchführung der von einer starken Partei der Eisenbahnreisenden beharrlich erstrebten Vergrösserung der Fahrgeschwindigkeit der Eilzüge verzichten will.

Im Uebrigen hat man auch anderwärts und zwar bei Strassen- und Wasserbau-Verwaltungen in neuester Zeit begonnen, den Steinbrücken wieder mehr Interesse zuzuwenden. Ich will nur zwei Beispiele anführen:

In Strassburg i. E. ist die alte Rabenbrücke, welche als Bogenbrücke aus gusseisernen Röhren mit 27 m Spannweite hergestellt war, abgebrochen und durch eine Wölbbrücke aus Sandsteinquadern mit 23 m Spannweite ersetzt worden. Der Leinpfad ist durch eine besondere, 2,5 m breite Oefnung unterführt.

Ein noch hervorragenderes Beispiel bildet die Erbauung einer schiefen steinernen Strassenbrücke über die Donau bei Munderkingen, deren Bogen nach der Veröffentlichung des Präsidenten Leibbrand in der Zeitschrift für Bauwesen von Endell, Jahrgang 1894, Seite 541 flgd. aus Zementbeton im Mischungsverhältnisse 1 Zement, 2,5 Sand, 5 Klarschlag für die Verkehrslast von 400 *kg* pro *qm* berechnet und bei 50 *m* Spannweite mit 5 *m* Stichhöhe in 7,5 *m* Breite unter Anwendung von zwölftheiligen Stahlgelenken im Scheitel und an den beiden Widerlagern ausgeführt worden ist. Die Gewölbstärke im Scheitel beträgt 1 *m*, an den Widerlagern 1,1 *m*, in den Bruchfugen 1,3 bez. 1,4 *m*.

Die Baukosten dieser Betonbrücke einschliesslich der Widerlager, jedoch ausschliesslich der Zufahrten haben betragen:

14000	ℳ	für Gründungsarbeiten,
7100	"	" Lehrgerüste,
40400	"	" Aufbau der Brücke,
8500	"	" Bauaufsicht und insgemein
70000	ℳ	in Summe,

somit pro *qm* des, bei der Breite von 8 *m* zwischen den Geländern 400 *qm* betragenden nutzbaren, überbauten lichten Raumes 177,5 ℳ, ein Einheitssatz, der das Bauwerk im Hinblick auf die grosse Spannweite und die schiefe Lage zur Stromrichtung (75°) als sehr preiswürdig und im Falle der Bewährung als nachahmenswerth erscheinen lässt.

Hiernach sei es mir gestattet, noch zwei Beispiele aus meiner eigenen Praxis anzuführen, um auf Grund der gesammelten Erfahrungen darauf hinzuweisen, wie man durch vorsichtiges Disponiren bei Projektirung neuer und umzubauender Brücken oft sehr bedeutende Ersparnisse herbeiführen kann.

Das erste, aus der Bauzeit der Albertsbahn (Dresden-Tharandter Eisenbahn), welche im Juni 1855 dem Betriebe übergeben worden ist und welche mir Gelegenheit geboten hat, unmittelbar nach beendetem technischen Studium in eine sehr lehrreiche praktische Thätigkeit überzugehen; das zweite, aus der Bauzeit der Dresdener Militärbahn im Jahre 1884.

Die fünf Weisseritzbrücken der Albertsbahn sind im Plauenschen Grunde innerhalb der nur 2,6 *km* langen Strecke zwischen Plauen bei Dresden und Neucoschütz in theilweise ziemlich spitzem Winkel der Bahnachse gegen die Flussrichtung erbaut, da die Enge des Thales und das Vorhandensein einer frequenten Landstrasse, sowie mehrerer Mühlenanlagen, Flussverlegungen nicht zulassen. Es konnte daher nicht fehlen, dass auch eiserne Brücken hergestellt werden mussten.

Die erste der fünf Brücken ist eine solche, da für Ueberschneidung des Wehrteiches an der Felsenkeller-Brauerei kein grösserer Winkel als 53,5° zu erlangen war. Sie wird aus zwei Oeffnungen von je 12,8 *m* lichter Weite, winkelrecht zur Wasserlaufrichtung und 15,8 *m* in der Bahnachse gemessen, gebildet. Die Gleisträger, aus je zwei kontinuierlichen Blechtragwänden von 1,32 *m* Höhe mit zwischenliegender Fahrbahn bestehend, ruhen mittels Rollslagern in 16,8 *m* Stützweite auf Sandsteinquader-Pfeilern mit Werkstücken-Abdeckung. Am rechten Weisseritzufer,

das am Fusse des beinahe lothrecht stehenden, den Hohenstein-Thurm tragenden Syenitfelsens liegt, war Pfahlrost, für den Mittelpfeiler Schwellrost- und am linken, flachen Ufer Betongründung erforderlich, ein interessantes Vorkommniss, das die Annahme der Geologen: der Plauensche Grund sei durch Spaltung des anstehenden Syenitgebirges in Folge Druckes von unten und nachherigen Durchströmens von Wassermassen gebildet worden, bestätigt.

Die zweite Brücke ist als schiefe steinerne Bogenbrücke aus 57 und 57 *cm* starken Sandsteinquadern gewölbt und mit zwei Oeffnungen hergestellt, obwohl die Bahnachse im Winkel von 70° gegen die Flussrichtung liegt und von vornherein mancherlei Bedenken bezüglich des Einbaues eines Mittelpfeilers unmittelbar unter dem daneben vorhandenen steilen Wehre geäussert wurden, deshalb auch für diese Weisseritzkreuzung eine Eisenbrücke mit nur einer, der Wehrbreite entsprechenden grossen Oeffnung empfohlen war. Die lichte Weite jedes Bogens, winkelrecht zu den Pfeilern gemessen, beträgt 11,4 *m*, die Stützweite in der Bahnachse 12,1 *m*, die Stichhöhe 2 *m*.

Die dritte und vierte Brücke sind ebenfalls mit schiefen Quadergewölben im Winkel von 70° ganz ähnlich der zweiten, jedoch ausserdem noch mit kleinen Nebenöffnungen ausgeführt.

Die fünfte Brücke musste wie die erste als eiserne hergestellt werden, da der Kreuzungswinkel mit der Wasserlaufrichtung nur 47° beträgt. Sie war anfänglich, in Rücksicht darauf, dass hier grössere lichte Höhe und mehr Flussgefälle vorhanden ist als bei der ersten Brücke, mit nur einer Oeffnung für 16,7 *m* Stützweite der Gleisträger mit 1,64 *m* hohen Tragwänden und zwischenliegender Fahrbahn projektirt, erhielt aber in Folge eines, während ihres Baues im Juli 1854 eingetretenen, in gleicher Höhe früher nicht vorgekommenen Hochwassers noch eine kleine Nebenöffnung von 3,4 *m* lichter Weite.

Jenes Sommer-Hochwasser kam unvermuthet zu einer Zeit, in welcher die Baugrube des westlichen Widerlagers Auswaschungen in der Richtung nach dem ganz nahe stehenden grossen Werkzeugmaschinen-Gebäude der König Friedrich August-Hütte begünstigte. Ich konnte weiteres Vordringen der Fluthen nach dem gefährdeten Gebäude hin nur dadurch aufhalten, dass ich nebenstehende Bäume fällen, mit den Kronen nach unten gekehrt in die Hinterwaschung der Futtermauer einsetzen und mit angelieferten Bausteinen belasten liess.

Die zuletzt erwähnte kleine Nebenöffnung wird jetzt mit neuen Gleisträgern (Zwillingsträger mit eingelagerten Längsschwellen) für beide Gleise ausgestattet, die einschliesslich Nebenarbeiten etwa 2300 ℳ kosten. Ausserdem werden die nöthigen Verstärkungen der Querverbände und der Schwellenträger beider Gleisträger der grossen Oeffnung etwa 4500 ℳ einschliesslich Gleisverschlingungs-Arbeiten, die für die gleichen Verstärkungs-Arbeiten an den Gleisträgern beider Oeffnungen der ersten Brücke aber verhältnissmässig wesentlich mehr, nämlich 10000 ℳ Kosten verursachen, weil es hier nicht angängig ist, das betreffende Gleis während der Arbeitszeit ausser Betrieb zu setzen, somit in Summe für diese zwei eisernen Brücken 16800 ℳ aufzuwenden sein.

Dem gegenüber entsprechen die drei Steinbrücken heute noch ebenso gut wie früher den an sie zu stellenden Anforderungen. Dazu kommt, dass die Kosten für ihre laufende Instandhaltung ganz wesentlich niedriger gewesen sind als diejenigen, welche in der vierzigjährigen Zwischenzeit für Nietersatz, Anstrich-erneuerung u. s. w. der beiden Eisenbrücken haben aufgewendet werden müssen. Rechnet man hierzu noch die nicht so leicht zu beziffernden beträchtlichen Mehrkosten, welche hier wie anderwärts bei Instandhaltung der eisernen Brücken nebst den zugehörnden aussergewöhnlichen Gleislagen für Oberaufsicht aufgewendet werden müssen, so ist es wohl erklärlich, wenn man für Steinbrücken eine besondere Vorliebe hegt und darauf ausgeht, überall, wo thunlich, bei passender Gelegenheit die eisernen Brücken durch steinerne zu ersetzen.

Die wirthschaftliche Wichtigkeit einer solchen Massregel geht aus der in allen Verkehrs-Verwaltungsgebieten des In- und Auslandes vorhandenen grossen Menge eiserner Brücken, insbesondere derjenigen der Eisenbahnverwaltungen mit zuweilen sehr zahlreichen Gleisträgern, hervor. Beispielsweise beträgt die Anzahl eiserner Gleisträger, welche gegenwärtig in den Eisenbahnstrecken des Königreichs Sachsen liegen, gegen 3000.

Im Uebrigen bieten die vorerwähnten Weisseritzbrücken der Albertsbahn auch besonderes Interesse für Wasserbau-Ingenieure insofern, als sie nach ihrem vierzigjährigen, tadellosen Bestande bestätigen, dass bei nichtschiffbaren Flüssen unbedenklich gestattet werden darf, in der Mitte des Flussbettes Pfeiler einzubauen, wenn dadurch die Baukosten vermindert werden können. Namentlich sind es die, als erste und zweite bezeichneten Brücken, welche in dieser Beziehung einer Besichtigung werth erscheinen. Die erste, weil ihr Mittelpfeiler in nur 16 m Entfernung von der flussabwärts ebenfalls im Wehrteiche stehenden, dreibogigen, steinernen Landstrassenbrücke nicht in der Verlängerung der Achse eines der beiden Mittelpfeiler letzterer, sondern vor der Mitte des Mittelhogens derselben erbaut ist, die zweite, weil sie unmittelbar am Fusse des schon oben erwähnten steilen Wehres hergestellt, mit ihrem nur 2,3 m (winkelrecht zur Flussrichtung gemessen) starken, aber äusserst solid in vollen Sandsteinquader-Schichten bis einschliesslich Kämpferschicht ausgeführten Mittelpfeiler den wuchtigen Anprall des Wassers, des Eises und vor Aufhebung der Flösserei auch des Flossholzes ausgehalten hat. Ausserdem lohnt es sich auch für jeden, die Eisenbahnzüge benutzenden Reisenden, namentlich zur Zeit des Hochwassers oder Eisganges, bei der Fahrt von Dresden nach Tharandt in dem romantischen Plamenschen Grunde einen Blick nach rechts zu wenden, um hier gegenüber der höchsten, von der Begerburg bekrönten Felswand, die einen brausenden Wasserfall bildenden Hochfluthen zu beobachten, welche an dem Mittelpfeiler der Steinbrücke emporwirbeln.

Das schon angedeutete zweite Beispiel aus meiner Praxis, die Erbauung der Dresdener Militärbahn vom Schlesischen Bahnhofe nach der Ladestelle Albertstadt-Dresden betreffend, habe ich gewählt, um ähnlich, wie im Vorstehenden für die Wasserbau-Ingenieure, einige Worte

auch für diejenigen Kollegen anzuschliessen, welche dem Strassenbau näher stehen als dem Eisenbahnbau.

Die Militärbahn wurde in Anlehnung an den Bahnkörper der sächsisch-schlesischen Linie erbaut und erforderte daher entsprechende Verlängerung der in letzterer vorhandenen steinernen Unterführungen des Bischofsweges und der Tannenstrasse. Die hierüber nöthigen Verhandlungen mit der Stadtgemeinde führten zu der Vereinbarung, dass die Bischofswegbrücke, ihrer zu kleinen lichten Weite von 5,6 m wegen, abzubrechen und durch eine neue, dem erweiterten Stadtplane entsprechende, im Winkel von 74° gegen die Bahnachse zu konstruirende eiserne Brücke zu ersetzen, die Tannenstrassenbrücke dagegen in ihrer lichten Weite von 8,5 m und lichten Höhe von 6 m am Scheitel und 3,5 m an den Widerlagern als winkelrechte Steinbrücke für die Strassenfuhrwerke beizubehalten und nur durch Anbau kleiner Fusswegüberwölbungen von je 3 m lichter Weite hinter den Widerlagern zu erweitern sei.

Während dem zu Folge die neue Bischofsweg-Unterführung vier mit den Enden auf steinernen Widerlagern ruhende, an zwei Zwischenpunkten von Pendelsäulen gestützte kontinuierliche Gleisträger über drei Oeffnungen mit vier zwischen acht Blechtragwänden liegenden Eisenbahngleisen erhalten hat, deren Unterfläche durch Wellblech wasserdicht abgeschlossen ist, zeigt sich die erweiterte steinerne Tannenstrassen-Unterführung mit ihrem, den Strassenfuhrwerken angepassten Mittelbogen und den beiden symmetrisch angeordneten kleineren Seitenbögen für die Fussgänger in einer, meinem Geschmacke nach, dem Auge wohlgefälligeren Form als die eiserne Bischofsweg-Unterführung.

Nimmt man hierzu die grossen Annehmlichkeiten, welche steinerne Wegunterführungen den Anwohnern und Passanten gewährleisten: kaum hörbares Geräusch der darüber fahrenden Eisenbahnzüge, sicheren Schutz gegen Regen, sowie gegen niederfallende Lokomotivschlacken, Anstrichfarbentheilchen, Kies u. s. w., so sollte man meinen, dass die Ingenieure der Stadtgemeinden und Provinzialbehörden immer in erster Linie steinerne Unterführungen verlangen und für breite Strassen das im Interesse billiger Herstellung gebotene Zugeständniss der Erbauung dreibogiger Brücken nach Art der vorstehend beschriebenen Tannenstrassenbrücke empfehlen würden, zumal die Plätze, welche die beiden Pfeiler auf den Strassenbanketts einnehmen, mindestens ebenso leicht für den Durchgangsverkehr entbehrlich sind, wie die Standplätze der Fuhrwerke, welche an den Strassenseiten vor Gebäuden unbedenklich zuweilen stundenlang stehen gelassen werden.

Es ist dies aber leider nicht immer der Fall; vielmehr werden oft eiserne Brücken mit kostspieligen Vorkehrungen zur Schalldämpfung und Abdichtung der oben liegenden Fahrbahntafel beansprucht, wo geringe Veränderungen der Höhenlage kreuzender Wege genügen würden, die gerade nur für Eisenkonstruktion ausreichenden Bauhöhen um so viel zu vergrössern, dass Steinbrücken hergestellt und damit Bau- und Instandhaltungskosten wesentlich vermindert werden könnten. Am bedeutsamsten tritt dieser Umstand beim Neubau von Eisenbahnen und Landstrassen hervor, weil da oft die Füglichkeit geboten

ist, zum Zwecke der Erlangung passender Höhen für die Brücken, die Längenprofile der Neubaulinien auf grössere Entfernungen hin ohne wesentliche Kostenerrhöhung abzuändern.

Hiermit komme ich zum Schlusse auf das Gebiet des Einvernehmens der Ingenieure unter sich, um hervorzuheben, dass man mitunter den Eindruck erhält, als ob in dem Streben des Einzelnen nach Erlangung möglichst vieler und selbst kleiner Vortheile für die von ihm vertretene Verwaltung der Ueberblick über den Zusammenhang der verschiedenen Verwaltungsgebiete und damit die Einsicht verloren gegangen sei, inwieweit die zu Leistungen Verpflichteten die ihnen zugedachten Opfer zu bringen vermögen, ohne wirthschaftlich sich und damit zugleich das Ganze, zu dem ja auch der Berechtigte gehört, zu schädigen.

Wenn man beispielsweise die vor Kurzem verbreitete Zeitungsnotiz liest:

„Die Fernsprechkleitung von Berlin nach den Ostseeprovinzen wird jetzt, da zwischen der Reichspostverwaltung und den städtischen Behörden Königsbergs keine Einigung erzielt werden konnte, unter Umgehung von Königsberg über Insterburg und Tilsit bis Memel verlegt“,

so ist darnach zwar nicht zu behaupten, dass das Misslingen der Verhandlungen von technischer Seite verschuldet sei, denn es können auch Schwierigkeiten juristischer oder noch anderer Art vorgelegen haben. Jedenfalls kommt aber hier ebenso wie in den oben im Allgemeinen behandelten anderen Fällen viel darauf an, was derjenige Ingenieur empfiehlt, welcher berufen ist, der betreffenden einflussreichsten Behörde seinen Rath zu ertheilen.

Handelt dieser ohne gebührende Rücksicht auf Zwecke und Ziele anderer Verwaltungszweige, was meist gleichbedeutend ist mit Unterlassung eingehenden Einvernehmens mit Vertretern der letzteren, so wird in der Regel eine im allgemeinen Interesse liegende erspriessliche Lösung verfehlt.

Ich schliesse in der Hoffnung, durch die an die Spitze meines Vortrages gestellte Frage: „Sollen wir vorzugsweise steinerne oder eiserne Brücken bauen?“ ein Thema zur Sprache gebracht zu haben, das seiner finanziellen Seite wegen oft recht eindringlich erkennen lässt, welch' grossen Nutzen gewissenhafte Berücksichtigung der bestehenden örtlichen Verhältnisse im Interesse der allgemeinen Wohlfahrt gewährt, und würde mich freuen, wenn diese Frage rückhaltlos dahin Beantwortung fände, dass es zweckmässig erscheint, vorzugsweise steinerne Brücken zu bauen.

Eine einfache Darstellung der Planetenbewegung.

Von Professor **Mohr**.

Ein materieller Punkt von der Masse m , welcher unter Einwirkung der nach Grösse und Richtung veränderlichen Kraft P sich bewegt, möge im Bahn-

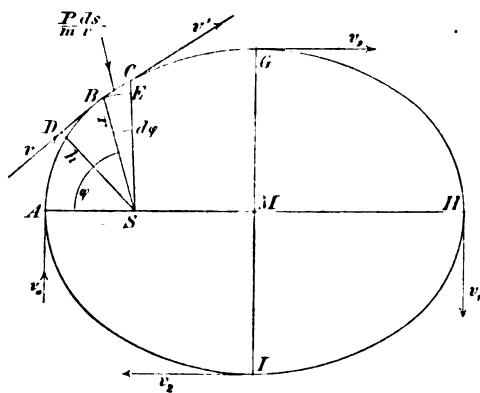


Fig. 1.

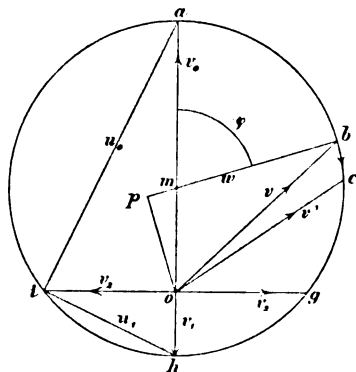


Fig. 2.

punkte B (Fig. 1) die Geschwindigkeit v erlangt haben. In der darauf folgenden unendlich kleinen Zeit dt durchläuft er die Bahnstrecke

$$\overline{BC} = ds = v dt$$

und erreicht im Punkte C die Geschwindigkeit v' , deren Grösse und Richtung in einer besonderen Zeichnung, dem Geschwindigkeitsplan (Fig. 2), durch geometrische Summierung von

$$\overline{ob} = v$$

und der unendlich kleinen Geschwindigkeitsstrecke bc von der Richtung der Kraft P und der Grösse

$$1) \quad \overline{bc} = \frac{P dt}{m} = \frac{P ds}{m v}$$

dargestellt werden kann.*) Die Tangente der Bahnkurve im Punkte C wird ferner bestimmt, indem durch die Mitte der Wegstrecke ds die Geschwindigkeitsstrecke $\frac{P ds}{m v}$ gelegt und diese mit v zusammengesetzt wird. Denkt man sich die bezeichneten Zusammensetzungen ausgeführt für jedes der unendlich vielen Bahnelemente, welche zwischen dem beliebig gewählten Anfangspunkte A der Bewegung und dem Bahnpunkte B liegen, so erkennt man, dass die Geschwindigkeit v die Resultante darstellt aus der Anfangsgeschwindigkeit v_0 im Punkte A und den unendlich vielen und unendlich kleinen Geschwindigkeitsänderungen $\frac{P ds}{m v}$, welche in den Bahnelementen ds zwischen A und B anzubringen sind.

Für die Planetenbewegung soll der Bahnpunkt A , welcher der Sonne S am nächsten liegt, als

*) Die Darstellung der Bewegung eines Punktes mit Hülfe des Geschwindigkeitsplanes oder Hodographen wurde zuerst von Hamilton angewandt; siehe dessen Buch: Die Elemente der Quaternionen, deutsch von Glan, Bd. I, S. 129. Man vergleiche ferner den Aufsatz: Ueber Geschwindigkeitspläne und Beschleunigungspläne im Jahrg. 1887 dieser Zeitschrift.

Anfangspunkt gewählt werden. Radiusvektor und Geschwindigkeit des Planeten im Punkte A werden mit r_o und v_o , im Punkte B mit r und v bezeichnet. Die Masse der Sonne ist M , die Masse des Planeten m , die Gravitationskonstante μ . Nach Newton's Gesetz bewegt sich der Planet unter Einwirkung einer Anziehungskraft der Sonne von der Grösse

$$2) \quad P = \frac{\mu M m}{r^2}.*)$$

Die Bahnebene ist durch den Punkt S und durch die Richtung der Anfangsgeschwindigkeit v_o bestimmt; denn die auf einander folgenden Geschwindigkeitsänderungen liegen alle in dieser Ebene. Das vom Mittelpunkte der Sonne auf die Richtung der Geschwindigkeit v gefällte Perpendikel hat die Länge

$$3) \quad \overline{SD} = h = \frac{r_o v_o}{v},$$

denn v ist die Resultante von v_o und den zwischen A und B liegenden Geschwindigkeitsänderungen $\frac{P ds}{m v}$, und da die Richtungen der letzteren alle durch S gehen, so sind in Bezug auf diesen Punkt die Momente $h v$ und $r_o v_o$ der beiden Geschwindigkeiten v und v_o gleich gross. Dies ist der Inhalt des ersten Kepler'schen Gesetzes:

Die Bahnen der Planeten sind ebene Kurven und die Radienvektoren derselben beschreiben Flächen, welche der Zeit proportional sind.

Wir bezeichnen mit q den vom Radiusvektor beschriebenen Winkel ASB , zerlegen denselben in unendlich kleine gleiche Theile von der Grösse

$$\overline{BSC} = dq$$

und folgern aus der Aehnlichkeit der Dreiecke BCE und SBD (Fig. 1):

$$\frac{ds}{r dq} = \frac{r}{h}$$

oder

$$4) \quad ds = \frac{r^2 dq}{h} = \frac{r^2 v dq}{r_o v_o}.$$

Dem Bahnelement ds entspricht also die Geschwindigkeitsänderung

$$5) \quad \frac{P ds}{m v} = \frac{\mu M dq}{r_o v_o}.$$

Die mit v_o zusammenzusetzenden unendlich kleinen Geschwindigkeitsstrecken haben demnach alle dieselbe Grösse, und da je zwei auf einander folgende Strecken

*) In den Einheiten des C-G-S-Systems ist
 $\mu M = 1,29 \cdot 10^{26}$

und z. B. die Masse der Erde $m = 6,14 \cdot 10^{27}$.

den konstanten Winkel dq mit einander bilden, so ist das Summirungspolygon $abc \dots$ ein Kreis*) vom Radius

$$6) \quad \overline{mb} = w = \frac{\mu M}{r_o v_o}.$$

Im Geschwindigkeitsplan stellt die Strecke $\overline{oa}$ die Anfangsgeschwindigkeit v_o dar; der Kreisbogen $\overline{ab}$ vom Zentriwinkel q bildet das Summirungspolygon der zwischen A und B entstehenden Geschwindigkeitsänderungen; die Strecke $\overline{ob}$ bestimmt also Grösse und Richtung der Geschwindigkeit v im Punkte B . Das Dreieck bmo führt zu der Beziehung:

$$v^2 = w^2 + (v_o - w)^2 + 2w(v_o - w) \cos q$$

oder

$$7) \quad v_o^2 - v^2 = 2w(v_o - w)(1 - \cos q).$$

Wir fallen vom Geschwindigkeitspol o auf den Radius $\overline{mb}$ des Punktes b das Perpendikel $\overline{op}$ und folgern aus der Aehnlichkeit der Dreiecke opb und BDS die Gleichung der Planetenbahn:

$$\frac{r}{h} = \frac{v}{w + (v_o - w) \cos q}$$

oder

$$8) \quad r = \frac{r_o}{\frac{w}{v_o} + \left(1 - \frac{w}{v_o}\right) \cos q}.$$

Diese Gleichung enthält das zweite Kepler'sche Gesetz:

Die Planetenbahnen sind Ellipsen und haben den Sonnenmittelpunkt zu einem ihrer Brennpunkte.

Die Gleichung 8) bestimmt als Planetenbahn:

- einen Kreis, wenn $v_o = w$
- eine Ellipse, wenn $v_o < 2w$
- eine Parabel, wenn $v_o = 2w$
- eine Hyperbel, wenn $v_o > 2w$

ist. Im ersten Falle liegt der Pol o des Geschwindigkeitsplanes auf dem Mittelpunkte m , im zweiten Falle innerhalb des Kreises ab , im dritten auf diesem Kreise und im vierten ausserhalb desselben. Denn die Anzahl der Werthe von r , welche nach Gleichung 8) unendlich gross werden, ist in den ersten beiden Fällen Null, im

*) Hamilton entdeckte diese Eigenschaft im Jahre 1846. Seitdem ist sie zur Darstellung der Planetenbewegung vielfach angewandt worden; vergl. u. A.: Schell, Theorie der Bewegung und der Kräfte, Bd. I, S. 387. Pröhl, Begründung graphischer Methoden zur Lösung dynamischer Probleme; Jahrgang 1873 dieser Zeitschrift, S. 293. Helm, Beiträge zur geometrischen Behandlung der Mechanik; Zeitschrift für Mathematik und Physik, Bd. XXV.

dritten Falle eins und im vierten zwei. Das Kepler'sche Gesetz enthält also zugleich die Thatsache, dass für die Planeten:

$$v_o < 2w$$

oder zufolge Gleichung 6)

$$9) \quad v_o^2 < \frac{2\mu M}{r_o}$$

ist. Man erkennt die Bedeutung dieser Thatsache besser, wenn man zunächst aus den Gleichungen 7) und 8) $\cos \varphi$ beseitigt, wodurch die Beziehung:

$$10) \quad \frac{2\mu M}{r_o} - v_o^2 = \frac{2\mu M}{r} - v^2$$

entsteht. Lässt man alsdann einen Punkt von der Masse m , in unendlich grosser Entfernung mit der Anfangsgeschwindigkeit Null beginnend, auf irgend einer willkürlich vorgeschriebenen, durch die Punkte A und B gelegten Bahn lediglich unter Einwirkung der Anziehungskraft der Sonne sich bewegen, so ist nach dem Prinzip der lebendigen Kraft die Geschwindigkeit u im Punkte B durch die Gleichung

$$\frac{mu^2}{2} = -\mu Mm \int_{\infty}^r \frac{dr}{r^2} = \frac{\mu Mm}{r}$$

bestimmt. Es ist also

$$11) \quad u^2 = \frac{2\mu M}{r},$$

und ebenso erhält man für die Geschwindigkeit u_o im Punkte A :

$$12) \quad u_o^2 = \frac{2\mu M}{r_o}.$$

Nach jenem Prinzip sind u und u_o die grössten Geschwindigkeiten in den beiden Lagen B und A , welche dem Punkte durch die Anziehungskraft der Sonne ertheilt werden können. Die Ausdrücke 9) und 10) erhalten hiernach die Form

$$13) \quad u_o^2 - v_o^2 = u^2 - v^2 > 0$$

und sprechen aus, dass die Planeten in Ellipsen sich bewegen, weil ihre Geschwindigkeit in irgend einem und folglich in jedem ihrer Bahnpunkte kleiner ist als die dieser Lage entsprechende Maximalgeschwindigkeit u .

Ein in den Anziehungsbereich der Sonne kommender Weltkörper würde in einer Parabel sich bewegen, wenn seine Geschwindigkeit in einem Punkte zufällig der Geschwindigkeit u genau gleich wäre, und in einer Hyperbel, wenn v in Folge einer nicht von der Anziehungskraft der Sonne herrührenden Einwirkung die Geschwindigkeit u überschreiten sollte.

Wir bezeichnen mit v_1 die von der Strecke $\overline{oh}$ dargestellte kleinste Geschwindigkeit des Planeten im

Endpunkte H der grossen Achse, mit v_2 die von $\overline{og}$ und $\overline{oi}$ dargestellten Geschwindigkeiten in den beiden Endpunkten G und J der kleinen Achse und mit u_1 und u_2 die Werthe der Geschwindigkeit u für die Punkte H , G und J . Zwischen diesen Geschwindigkeiten bestehen nach den Gleichungen 6) 12) und 13) die Beziehungen:

$$14) \quad u^2 - v^2 = u_o^2 - v_o^2 = u_1^2 - v_1^2 = u_2^2 - v_2^2 \\ = v_o(2w - v_o) = v_o v_1 = v_2^2.$$

Die Geschwindigkeiten u_o und u_1 werden also der Grösse nach durch die Strecken $\overline{ai}$ und $\overline{hi}$ dargestellt. Die Geschwindigkeit v_2 in den Endpunkten der kleinen Achse hat die bemerkenswerthe Eigenschaft:

$$15) \quad v_2^2 = \frac{u_2^2}{2},$$

welche der konstanten Geschwindigkeit eines in kreisförmiger Bahn sich bewegenden Planeten zukommt.

Eine Planetenbewegung ist selbstverständlich vollkommen bestimmt, wenn für eine Lage Grösse und Richtung der Geschwindigkeit bekannt sind, wenn also für einen Bahnpunkt B die drei Grössen r , v und h gegeben sind. Die vier Gleichungen 3), 6), 7) und 8) bestimmen alsdann die vier Unbekannten w , r_o , v_o und $\cos \varphi$. Einfacher wird diese Aufgabe auf graphischem Wege gelöst, indem man zunächst das rechtwinkelige Dreieck opb aus der die Geschwindigkeit v darstellenden Strecke $\overline{ob}$ und der zum Radiusvektor r parallelen Richtung der Seite $\overline{op}$ konstruirt. Von b ist darauf im Sinne $\overline{bp}$ die Strecke

$$\overline{bm} = w = \frac{\mu M}{vh}$$

aufzutragen, um den Mittelpunkt m des Geschwindigkeitskreises und diesen selbst zu bestimmen. Man berechnet alsdann aus Gleichung 3)

$$16) \quad r_o = \frac{hv}{v_o}$$

$$17) \quad r_1 = \frac{r_o v_o}{v_1} = \frac{r_o v_o^2}{v_2^2},$$

ferner die halbe kleine Achse:

$$18) \quad b = \frac{r_o v_o}{v_2} = \frac{\mu M}{w v_2},$$

die halbe grosse Achse:

$$19) \quad a = \frac{r_o + r_1}{2} = \frac{r_o u_o^2}{2v_2^2} = \frac{\mu M}{v_2^2}$$

und das Achsenverhältniss:

$$20) \quad \frac{a}{b} = \frac{w}{v_2},$$

Das Exzentrizitätsverhältniss ε wird aus der Gleichung:

$$21) \quad \frac{r_o}{r_1} = \frac{1-\varepsilon}{1+\varepsilon} = \frac{v_1}{v_o} = \frac{u_1^2}{u_o^2},$$

also durch:

$$22) \quad \varepsilon = \frac{v_o}{w} - 1$$

bestimmt. Durch Verbindung mit dieser Beziehung erhält Gleichung 8) die Form:

$$23) \quad r = \frac{a(1-\varepsilon^2)}{1+\varepsilon \cos \varphi}.$$

Die Gleichungen 19), 14) und 11) führen zu der Beziehung:

$$24) \quad a = \frac{\mu M}{u^2 - v^2} = \frac{r \mu M}{2 \mu M - r v^2},$$

welche zeigt, dass die Länge der grossen Ellipsenachse durch die Länge eines Radiusvektors des Planeten und durch die Grösse der zugehörigen Geschwindigkeit bestimmt, also unabhängig von der Geschwindigkeitsrichtung ist.

Endlich ergeben die Gleichungen 11), 14) und 19) die bemerkenswerthe Beziehung:

$$25) \quad v_2^2 : v^2 : u^2 = r : (2a - r) : 2a,$$

wobei zu beachten ist, dass $(2a - r)$ den Abstand des Planeten vom zweiten Brennpunkt der Ellipse bezeichnet.

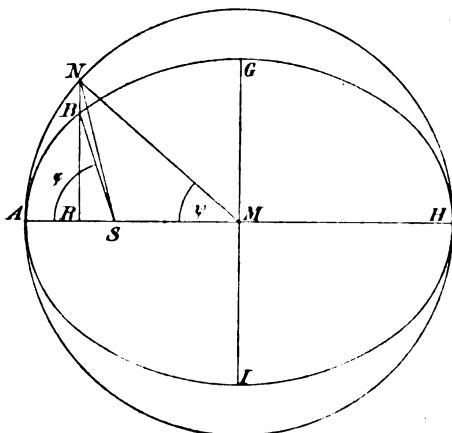


Fig. 3.

Um die Zeit t zu bestimmen, in welcher der Planet den Weg $\overline{AB}$ zurücklegt, muss man die vom Radiusvektor in dieser Zeit beschriebene Fläche $\overline{ASB}$ durch seine Flächengeschwindigkeit $\frac{1}{2}bv_2$ dividieren. Man ziehe (Fig. 3) den Kreis vom Durchmesser AH , lege durch den Planet B rechtwinklig zur grossen Achse die Ordinate NBR , bezeichne den Winkel AMN mit φ und beachte, dass die Höhen der beiden Flächen

$\overline{ASB}$ und $\overline{ASN}$ in jedem Punkte ihrer gemeinschaftlichen Basis AS zu einander sich verhalten, wie b zu a , um zu erkennen, dass:

$$\text{Fläche } \overline{ASB} = \frac{b}{a} \times \text{Fläche } \overline{ASN} = \frac{ab}{2} (\varphi - \varepsilon \sin \varphi)$$

und folglich:

$$26) \quad t = \frac{a(\varphi - \varepsilon \sin \varphi)}{v_2}$$

ist. Bei der Anwendung dieser Formel muss φ durch den Winkel φ ausgedrückt werden. Man entnimmt zu diesem Zweck aus Figur 3) die Beziehung:

$$r \cos \varphi = a(\cos \varphi - \varepsilon),$$

verbindet dieselbe mit Gleichung 23) und erhält:

$$\begin{aligned} 27) \quad r &= a(1 - \varepsilon \cos \varphi) \\ r(1 - \cos \varphi) &= a(1 + \varepsilon)(1 - \cos \varphi) \\ r(1 + \cos \varphi) &= a(1 - \varepsilon)(1 + \cos \varphi) \\ t g^2 \frac{1}{2}\varphi &= \frac{1+\varepsilon}{1-\varepsilon} t g^2 \frac{1}{2}\varphi. \end{aligned}$$

Nach Gleichung 21) ist also:

$$28) \quad u_o t g \frac{1}{2}\varphi = u_1 t g \frac{1}{2}\varphi$$

oder

$$\varphi = 2 \arctan \left(\frac{u_1}{u_o} t g \frac{1}{2}\varphi \right).$$

Unabhängig von dieser Beziehung sind zufolge Gleichung 26) die Zeiten t_1, t_2, t_3, t_4 , in welchen die Ellipsenquadranten AG, GH, HJ, JA durchlaufen werden:

$$29) \quad \begin{cases} t_1 = t_4 = \frac{a(\pi - 2\varepsilon)}{2v_2} \\ t_2 = t_3 = \frac{a(\pi + 2\varepsilon)}{2v_2} \end{cases}$$

und die ganze Umlaufzeit T des Planeten:

$$30) \quad T = \frac{2a\pi}{v_2} = \frac{2\mu M\pi}{v_2^3}.$$

Die letzte Gleichung ergibt sich auch unmittelbar aus Gleichung 19), indem man den Flächeninhalt der Ellipse

$$ab\pi = \frac{\mu M b \pi}{v_2^2}$$

durch die Flächengeschwindigkeit $\frac{b v_2}{2}$ des Radiusvektors dividirt. Aus der Verbindung der Gleichungen 19) und 30) folgt das dritte Kepler'sche Gesetz:

$$31) \quad \frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{\mu M}.$$

Die Quadrate der Umlaufzeiten der Planeten sind den Kuben der grossen Halbachsen ihrer Bahnen proportional.

Zur Entwicklungsgeschichte des deutschen Bauernhauses.

Von

Eugen Kayser in Chemnitz.

Vor einiger Zeit durchwanderte ich mehrere Dörfer der mir vom Chemnitzer Zweigverein zur Durchforschung nach alten Bauernhäusern überwiesenen Amtshauptmannschaft Döbeln. Die Anzahl wirklich alter Gebäude in ursprünglicher Verfassung scheint in diesem Bezirke nicht allzu gross zu sein. 1764 war das älteste inschriftlich beglaubigte Datum, das ich an einem dieser Häuser vorgefunden habe; immerhin mögen einige der mit Stroh gedeckten Exemplare wohl ein höheres Alter haben. Nur wenige Gebäude zeigten noch die alte Einrichtung der Küche — des einstigen Herdraumes —, nämlich einen von massiven Mauern umschlossenen rauchgeschwärzten Raum, in den sowohl der Backofen, wie auch der Stubenofen mündet, und der in der Decke eine grosse Rauchabzugsöffnung besitzt, über welcher der aus Lehmweller bestehende Schornstein beginnt. Sämmtliche besichtigten Gehöfte und Einzelhäuser der Döbelner Gegend gehörten natürlich dem fränkischen Typus an. Es ist merkwürdig, wie ausserordentlich gleichförmig diese Bauweise in allen Theilen Deutschlands auftritt. So fand ich in Neu-Wallwitz mehrere zum Rittergute Schweikershain gehörige Wohnhäuser der Dienstleute, deren Grundriss und Aufbau fast vollständig mit dem von Rudolf Henning in seinem Buche: „Das deutsche Haus in seiner historischen Entwicklung“ mitgetheilten Hause aus Ginheim bei Frankfurt am Main übereinstimmt. Von den beiden folgenden Figuren zeigt die erste das Ginheimer, die zweite das Neu-Wallwitzer Haus:

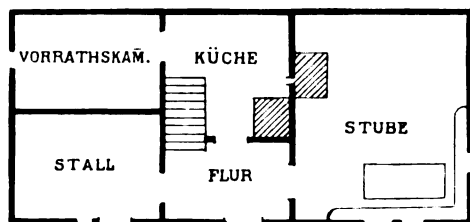


Fig. 1. Haus aus Ginheim.

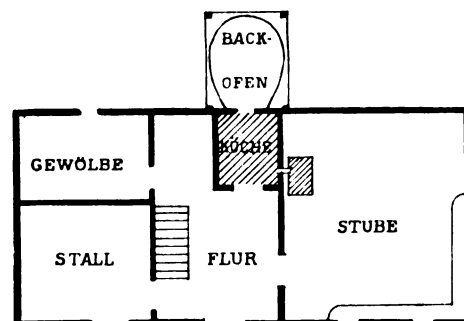


Fig. 2. Haus aus Neu-Wallwitz.

Nur der Backofen fehlt dem Ginheimer Hause, sonst hat es die gleiche Eintheilung wie das Neu-Wallwitzer; auch der aus Fachwerk hergestellte Aufbau ist bei beiden der gleiche. Die sogenannte Küche des Wallwitzer Hauses ist eigentlich nur der Innenraum eines sehr weiten Schornsteins, denn die lichte Weite beträgt etwa 1,3 qm. Dieses Haus hat sich noch sein altherwürdiges Strohdach bewahrt.

Kurze Zeit danach hatte ich Gelegenheit, in mehreren Dörfern Mecklenburg-Schwerins eine Anzahl Bauernhäuser der sächsischen Bauart kennen zu lernen. Die Orte Wustrow, Barnstorf, Althagen, Nienhagen, Ahrenshoop weisen eine ziemlich grosse Anzahl kleinerer und grösserer Bauernhäuser des sächsischen Typus auf. Nur in sehr wenigen Exemplaren fand sich noch die alte Einrichtung vor, bei welcher der vom Herde aufsteigende Rauch durch das Thor seinen Abzug ins Freie suchen muss und sowohl Getreide- wie Futtermittel durchzieht, die den Innenraum des schornsteinlosen Daches anfüllen. Bei den mit Schornsteinen versehenen Häusern lag übrigens die Zeit der Einführung dieser Verbesserung nicht allzuweit zurück, denn einige der älteren Besitzer wussten sich noch recht gut darauf zu besinnen, dass auch ihr Haus ohne Schornstein gewesen war. Wohl weniger die eigene Einsicht der Leute in die Vortheile verbesserter Feuerstätten, als vielmehr

Forderungen von irgend welchen Feuerversicherungsanstalten, hatten die schornsteinlosen Häuser in den genannten Orten fast vollständig beseitigt.

Diese Bauernhäuser waren durchgängig aus Fachwerk mit Lehmausstakung hergestellt und mit Schilfrohr eingedeckt, das, dick mit grünem Moose bewachsen, den hohen Dächern ein ausserordentlich malerisches Ansehen giebt. Die Häuser sind fast ohne allen äusseren Zierath, nur an den Firstpunkten sieht man aus Brettern ausgeschnittene Giebelspitzen oder zwei sich kreuzende, nach mannigfachen Mustern gestaltete Sparrenbretter. Sehr oft kehrt bei den Giebelspitzen ein ankerähnliches Motiv wieder, während die Sparrenbretter häufig einen thierkopf- oder hörnerähnlichen Ausschnitt haben:

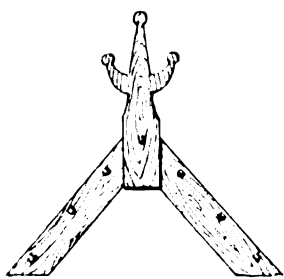


Fig. 3.



Fig. 4.

Giebelbretter.



Fig. 5.

Wenn man unmittelbar hinter einander sächsische und fränkisch-oberdeutsche Bauweise mit einander vergleicht, so will es einem sonderbar erscheinen, wenn Heinrich Otte in seiner Geschichte der deutschen Baukunst die Originalität des sächsischen Hauses hervorhebt, in dem Menschen und Thiere unter demselben Dache beisammen wohnen. Als ob nicht im fränkischen Hause ebenfalls ein Zusammenwohnen von Thieren und Menschen unter einem Dache stattfände. Die Kühe wenigstens sind in den meisten oberdeutschen Häusern immer unter dem gleichen Dache untergebracht, das auch die Wohnung des Bauers überdeckt. Nur für die Pferde scheint man in Oberdeutschland schon frühe besondere Ställe gebaut zu haben, während das nieder-

deutsche Haus den Pferdestall mit umfasst. Aber auch die Auffassung von Moritz Heyne will einem nicht richtig erscheinen, der, die Vereinigung von Menschen und Thieren unter einem Dache in eine spätere Entwicklungsperiode verweisend, im westfälischen Bauernhause eigentlich nur ein Stallgebäude sehen will, in das die dürftigen Wohnräume des Eigenthümers mit eingebaut seien. Die sächsischen Häuser machen aber keineswegs nur den Eindruck eines Stallgebäudes, sondern lassen erkennen, dass auch sie ursprünglich nur den Wohnraum enthielten, an den, wie bei den fränkischen Häusern, später die Ställe angefügt worden sind. Sollte übrigens zu jener Zeit, da das fränkische Wohnhaus noch kein Obergeschoss besass, der unmittelbar über Wohnraum und Stall befindliche Bodenraum nicht ebenfalls zur Unterbringung von Futtermitteln benutzt worden sein, wie der Bodenraum des sächsischen Hauses? Das ist wahrscheinlich, unwahrscheinlich dagegen, dass im fränkischen Hause der Dachraum auch zur Unterbringung von Getreide gedient hat, was bei der durch die grössere Gebäudetiefe bedingten grösseren Dachhöhe des sächsischen Hauses wohl möglich ist; allerdings nur bei den kleineren Ackerwirthschaften, die grösseren haben, was auch Henning hervorhebt, ausser dem Hauptgebäude innerhalb des Hofraumes gewöhnlich noch eine oder mehrere Scheunen, aber ohne jede feststehende Gruppierung. So zeigten es auch die grösseren Gehöfte in den genannten Mecklenburger Dörfern.

Der verschiedene Eindruck des Hauptgebäudes eines sächsischen und fränkischen Gehöftes wird keineswegs bedingt durch das Zusammenwohnen von Menschen und Thieren unter einem Dache — das haben beide Häuser gemeinsam —, sondern er wird in erster Linie durch die grössere Gebäudetiefe und grössere Dachhöhe des sächsischen Hauses hervorgerufen, wie auch durch die Verschiedenheit der Flur-(Dielen-)Anordnung, die sich auf das Aeussere mit überträgt. Die Bauernhäuser im badischen Schwarzwald (veröffentlicht von Architekt Prof. Kossmann in Karlsruhe) scheinen eine Mittelstellung zwischen fränkischer und sächsischer Bauweise einzunehmen, denn, obgleich mehrere der Grundrisse entschieden fränkische Fluranlage zeigen, so ist doch die Tiefe des Gebäudes und die Dachhöhe ziemlich gross. Mehr sächsischer Bauweise ähnlich ist es auch, dass kein Gehöftbau stattfindet, Wohnräume, Kuh- und Pferdestall, Scheune vielmehr in einem Gebäude vereinigt sind. Eine Anzahl dieser Schwarzwaldhäuser hat übrigens auch im Grundriss grosse Aehnlichkeit mit den sächsischen Bauernhäusern, wenigstens was den

Wohnhaustheil anbelangt; nur die Stallräume sind in anderer Weise angefügt als bei diesen.

Die Bauernhäuser in den genannten Mecklenburger Dörfern zeigten insofern eine Abweichung von anderen sächsischen Häusern, als die Ställe gegen die Diele durch feste Wände abgeschlossen waren, so dass die Thiere nicht von der Diele aus gefüttert werden konnten. Das geschah vielmehr von einem besonderen, parallel zur Diele liegenden und von hier durch eine Thüre zugängigen Futtergange. Die wünschenswerthe grössere Abgeschlossenheit der Wohnräume, Sauberkeit und Zurückhaltung, die Prof. Meitzen („Das deutsche Haus in seinen volksthümlichen Formen“) als Vorzüge des fränkischen Hauses hervorhebt, ist in diesen Mecklenburger Häusern eigentlich auch vorhanden. Es müssen daher wohl noch andere Gründe für den Siegeszug des fränkischen Hauses geltend gemacht werden.

Es ist selbstverständlich, dass ich mir die Bauernhäuser jener Mecklenburger Dörfer noch besonders daraufhin angesehen habe, ob an ihnen etwas für die Entwicklungsgeschichte Bedeutsames zu finden sei. Bekanntlich sucht Prof. Henning in seinem Buche „Das deutsche Haus“ den Nachweis zu liefern, dass alle Formen des deutschen Bauernhauses auf einen gemeinsamen germanischen Urtypus zurückzuführen seien, auf jene Grundform, die nur aus einem Herdraum und einer Vorhalle besteht:

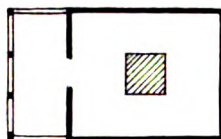


Fig. 6.

Im Grossen und Ganzen scheint ihm dieser Nachweis gelungen zu sein; ich glaube nur, dass man, um noch beweiskräftigeres Material herbeizuschaffen, nicht nur die grossen entwickelten Gehöftanlagen berücksichtigen, sondern namentlich die kleineren Häuser aufmerksam betrachten muss, da doch alles Grosse erst aus dem Kleinen hervorgeht. Aus dieser Erwägung heraus habe ich mein Augenmerk in den genannten Mecklenburger Orten nicht bloss auf die grossen Güter gerichtet, sondern auch auf die kleinen Häuser, die nur die Wohnung des Eigenthümers und einen Stall für eine Kuh enthalten. Der nachfolgende Grund- und Aufriss stellt ein solches kleines Haus aus Wustrow dar. Die Diele war wohl einst durch die ganze Länge des Hauses gegangen, ohne dass eine Wand den jetzigen Küchenraum abtrennte; wenigstens zeigten mehrere andere

gleich eingerichtete Häuser Wustrows eine durchgehende, ungetheilte Diele, auf welcher der Herd nahe am vorderen Eingange gestanden hatte. Es ist daher mit

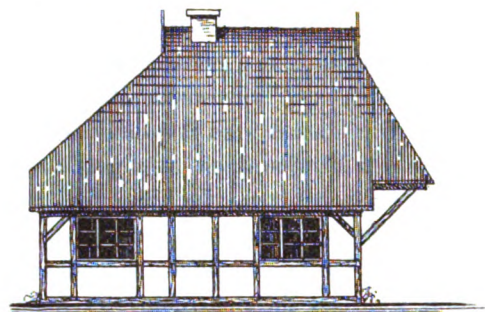


Fig. 7.

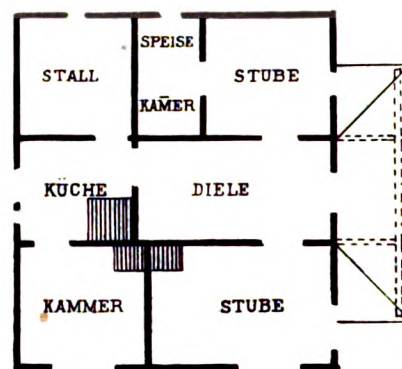


Fig. 8. Haus aus Wustrow.

Sicherheit zu vermuthen, dass auch in dem vorstehend gezeichneten Häuschen einst der Herd weiter vorn seinen Platz gehabt hatte. Das Haus besitzt sowohl am vorderen, wie auch am hinteren Ende der Diele eine Eingangsthür und steht parallel zur Dorfstrasse, mit dem vorderen Eingange nach einem von dieser abzweigenden Nebenwege gerichtet. Es hat, wie auch alle übrigen Bauernhäuser der genannten Ortschaften, vorn am Haupteingange ein Schutzdach, das in eigenthümlicher Weise konstruirt ist. Die Rahmen nämlich, die oben die Langwände der Diele begrenzen, sind ein grosses Stück nach aussen verlängert und durch Winkelbänder unterstützt. Auf den vorderen Enden dieser beiden Rahmen liegt ein dritter parallel zur Hausumfassung, auf dem die Sparren des abgewalmten Vordaches ihre Unterstützung finden. An dem in Rede stehenden Häuschen hatte der Besitzer aus irgend welchen Gründen die Winkelbänder weggeschnitten und unter die frei vorstehenden Rahmenenden Holzsäulen gesetzt. Damit war von ihm, nach meiner Ueberzeugung, das unbewusst wieder hergestellt worden, was ursprünglich schon bestanden hatte. Denn unzweifelhaft ist in

dem Vordache der Rest der ehemaligen Vorhalle zu erblicken, deren Säulen, weil sie im Laufe der Zeit morsch geworden, entfernt und durch Winkelbänder ersetzt worden waren.

Auch an den grösseren Bauernhäusern findet sich dieses Schutzdach in derselben Konstruktionsart regelmässig vor, und zwar immer an der dem grossen Einfahrtsthor entgegengesetzten Seite. So stellt die folgende Figur ein Gehöft aus Althagen dar, das einzige im Dorfe, das noch ohne Schornstein war.

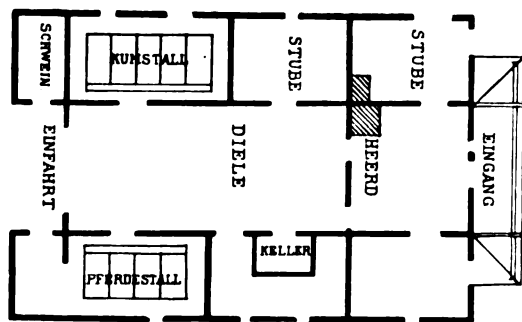


Fig. 9. Haus aus Althagen.

Es steht so, dass die Thür dem Dorfwege, das Einfahrtsthor dem Hofe zugekehrt ist. Bei mehreren anderen Häusern war dagegen das Einfahrtsthor nach der Strasse gerichtet und der Eingang von einem Nebenwege zugänglich.

Die Ansicht von Prof. Henning, dass die grossen Vorschoppen neben dem Einfahrtsthore auf die einstige Vorhalle zurückzuführen seien, kann ich, wenigstens nach diesen Mecklenburger Bauernhäusern beurtheilt, nicht für richtig halten. Diese Vorschoppen entstehen ganz einfach dadurch, dass man, um die nöthige Höhe zum Einfahren hochbeladener Erntewagen zu gewinnen, in das tief herabgeführte Walmdach förmlich einen Einschnitt machen und demgemäss das Einfahrtsthor ein Stück von der Umfassung nach innen rücken musste. Nach der Beschaffenheit dieser mecklenburgischen Häuser kann man mit Bestimmtheit sagen, dass ihre einstige Vorhalle sich dort befand, wo jetzt nur noch das Schutzdach daran erinnert. Da sie im übrigen vollständig den sächsischen Typus zeigen, so liegt die Vermuthung nahe, dass auch die anderen Häuser dieser Gattung die Vorhalle ebenfalls auf der dem Einfahrtsthor entgegengesetzten Seite hatten. Da, wo sie sich an dieser Stelle nicht mehr nachweisen lässt, ist sie höchst wahrscheinlich durch Anbauen von Wohnräumen (Pesel, Stuben und Kammern) verdrängt worden. Der Einwand, dass doch gerade das Einfahrtsthor und nicht

die Eingangstür in vielen Fällen der Strasse zugekehrt sei und deshalb das Thor der Haupteingang sein müsse, scheint mir nicht von Belang zu sein, da diese Lage des Thores lediglich durch die Rücksicht auf bequeme Anfahrt von der Strasse bestimmt worden ist. Demnach würde ich in Fig. 10 die Räume *f*, *g*, *h*, in Fig. 11 die Räume *b*, *c*, *d* für solche halten, die möglicherweise die einstige Vorhalle verdrängten.

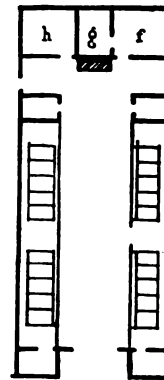


Fig. 10.
Sächsisches Haus.

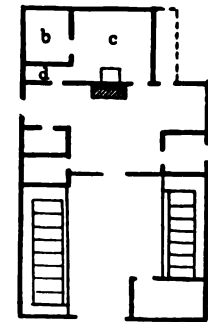


Fig. 11. Wendenhaus der
Altmark.

Eigenthümlich ist bei den Mecklenburger Häusern die Bildung der Dächer. Sie sind abgewalmt, aber die Gratsparren gehen nicht bis zum Firstpunkt des regelmässigen Sparrengebindes hinauf, sondern legen sich etwas tiefer an dieses an, so dass sowohl auf der Seite des Schutzdaches, als auch auf der entgegengesetzten ein kleiner Giebel entsteht. An diesem befinden sich jene verzierten Firstspitzen und Sparrenbretter, von denen am Eingange die Rede war (Fig. 12 u. 13).

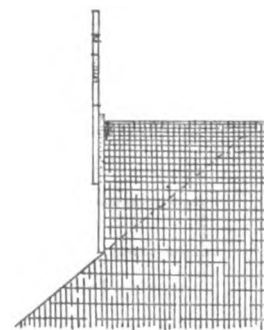


Fig. 12.

Diese Anordnung könnte man vielleicht aus baulichen Rücksichten erklären, weil es Schwierigkeiten macht, den Firstpunkt eines regelmässigen Walmdaches mit Schilfrohr und Stroh regendicht einzudecken. Da aber an anderen Orten solche schilf- oder strohgedeckte

Walmdächer in gewöhnlicher Form ohne diese kleinen Giebel vorkommen, so hat jene Bauart möglicherweise doch einen anderen Ursprung. Nahe liegt es, anzunehmen, dass diese kleinen Giebel als Ueberbleibsel aus der Zeit anzusehen seien, in der sowohl die Vorderansicht der Halle, wie auch die Rückseite des Hauses noch giebelartig gestaltet waren. Nahe liegt

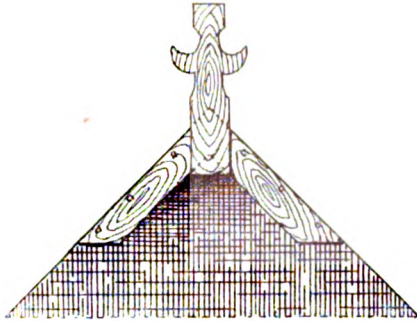


Fig. 13.

es auch, da der hintere Theil eines solchen Hauses unbedingt den Eindruck des später Hinzugefügten macht, zu denken, dass in einer weit zurückliegenden Zeit das Haus noch keinen Stall enthielt und nur aus Diele und den beiden schmalen Wohnräumen an deren beiden Seiten bestand (Fig. 14).

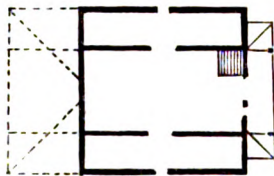


Fig. 14.

Für eine noch weiter zurückliegende Zeit würde man anzunehmen haben, dass das Haus überhaupt nur aus einem Raume, dem Herd- oder Dielenraum, mit der Vorhalle bestand:



Fig. 15.

Wahrscheinlich hat dann die Weiterentwicklung dieser einfachsten Urform in der Weise stattgefunden, dass man unter die äusseren Enden der weit überstehenden Sparren Wände parallel zu den Längswänden des Herdraumes stellte und die dadurch gebildeten Räume als Bettschränke benutzte, entsprechend der Einrichtung altdänischer Bauernhäuser (Fig. 16 und 17).

Erst allmählich entstanden aus diesen schmalen Schlafräumen durch Verbreiterung und Erhöhung des Hauses die jetzigen Stuben und Kammern. Die Höhe dieser Räume ist übrigens noch jetzt eine geringe. So war die Zimmerhöhe in dem skizzirten Wustrower Häuschen 1,77 m, während die Dielenhöhe 2,70 m betrug.

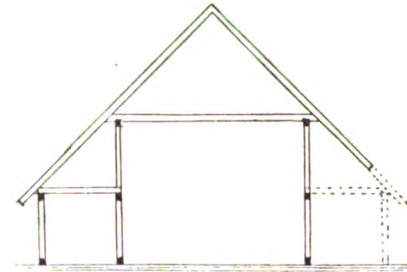


Fig. 16.

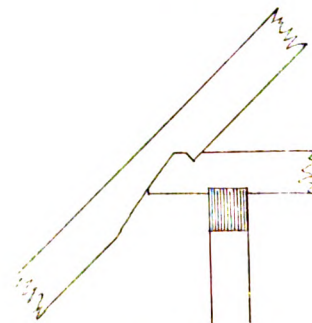


Fig. 17.

Der Ansicht des Prof. Henning, dass das sächsische Haus aus dem Wohnhause und nicht, wie Prof. Meitzen annimmt, aus der Scheune entstanden sei, stimme ich vollständig zu. Denn die Nachricht des Strabo, der sich auf Pytheas von Massalia als seinen Gewährsmann bezieht, dass die germanischen Bewohner der friesischen Seeküste ihr Getreide, weil heiterer Sonnenschein selten ist, in grossen Gebäuden (*ἐν οἰκοῖς μεγάλαις*), in welche die Aehren eingebracht werden, ausdreschen, da Tennen auf freiem Felde durch Regen und Mangel an Sonnenschein sehr bald verderben, lässt sich auch so deuten, dass die Bewohner jener Gegenden schon zu damaliger Zeit, wie es noch jetzt in den sächsischen Gauen Gebrauch ist, ausser den Wohnhäusern auch Scheunen besaßen. Das konstruktive Können, grosse Gebäude zu errichten, muss sich unbedingt erst an kleinen herangebildet haben, und es ist nicht anzunehmen, dass jene germanischen Vorfahren zuerst gerade den Bau von Scheunen in Angriff genommen haben sollten; das Wohnungsbedürfniss war doch wohl das ursprünglichere.

Wie man bei den Mecklenburger Häusern in dem durch Winkelbänder gestützten Vordache die einstige Vorhalle zu erkennen hat, so erst recht bei den durch Säulen getragenen Vordächern der von Meitzen und von Henning beschriebenen hinterpommerschen Häuser. Unerklärlich ist es mir, weshalb Prof. Henning den ersten im Innern des Hauses liegenden Raum *c* als Vorhalle ansieht, da als solche doch unbedingt der durch vier freistehende Säulen begrenzte Raum *b* betrachtet werden muss (Fig. 18).

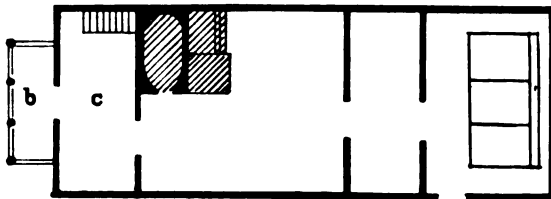


Fig. 18.

Bei dem zweiten dieser hinterpommerschen Häuser ist die Vorhalle nur noch zum Theil erhalten, weil die hintere Hälfte umwandet und zum Innern des Hauses gezogen wurde:

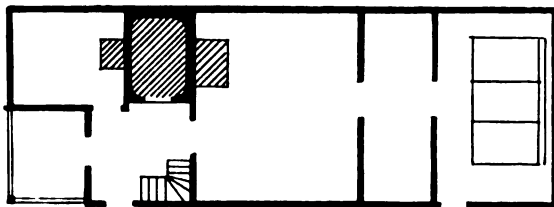


Fig. 19. Hinterpommersches Haus.

Ein von Meitzen abgebildetes nordisches Haus zeigt dieselbe innere Einteilung wie der vordere Theil des oben gezeichneten hinterpommerschen:

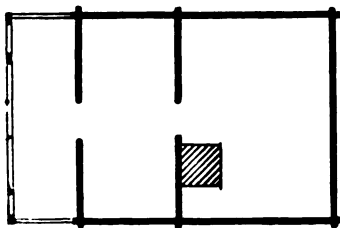


Fig. 20.

Vergleicht man die hinterpommerschen Häuser mit den sächsischen, so will es scheinen, dass bei ersteren eine andere Art der Vergrößerung stattgefunden hat als bei letzteren. Die später hinzugekommenen Räume des hinterpommerschen Hauses (Kammer und Stall) sind nicht seitlich vom Herdraume, sondern hinter diesem und in gleicher Breite wie dieser angefügt worden.

Nicht unerwähnt möge bleiben, dass ich in den Mecklenburger Bauernhäusern mehrfach Holzbänke vorfand, deren Sitz zum Aufklappen eingerichtet ist, so dass sie als Vorrathskisten oder Kinderschlafstellen benutzt werden können. Da diese Einrichtung ebenfalls in den alten nordischen (dänischen und norwegischen) Häusern vorkommt, so geht hieraus eine gewisse Verwandtschaft zwischen ihnen und den mecklenburgischen hervor. Diese zeigt sich auch noch in einer anderen Anordnung. Mehrmals fand ich nämlich in den Mecklenburger Bauernhäusern den Fussboden irgend einer Schlafkammer um einige Stufen gegen den Dielenfussboden erhöht und in der Kammer eine Klappe, die nach der Kellertreppe führte. Bettverschlüge in Verbindung mit Kellerluken sind aber eine auch bei den nordischen Häusern vorkommende Einrichtung, von der Prof. Henning unter Mittheilung des von Eilert Sundt veröffentlichten Hauses aus der Landschaft Mandal Erwähnung thut. Henning hebt besonders die Verwandtschaft des nordjütischen Hauses mit dem hinterpommerschen (vandilischen) hervor, die auf einem alten völkergeschichtlichen Zusammenhange beruhe. Von dem grossen zwischen Weichsel und Oder angesessenen Stammvolk der Vandilier haben sich in frühester Zeit wiederholt Völkerschaften abgezweigt, welche die cimbriische Halbinsel besiedelten und darüber hinaus nach Norwegen vordrangen. Wenn man sähe, sagt Henning, dass das vandilische Haus von Rügenwalde nach Mors gelangte, so müsse man unbedingt annehmen, dass es einst ebenso in dem dazwischen liegenden Gebiete verbreitet war; man müsse folgern, dass es auch in Vorpommern, in Mecklenburg und dem östlichen Holstein geherrscht habe, bis es später theils durch das sächsische, theils durch das fränkische Haus verdrängt wurde. Eher möchte ich glauben, dass nicht ein Verdrängen durch das sächsische Haus, sondern vielmehr eine Ausgestaltung zu diesem stattgefunden habe. Denn Henning selbst ist der Meinung, dass eine ganz entsprechende Form wie die des altdänischen Hauses auch dem sächsischen zu Grunde liegen müsse. Dieses altdänische Haus hat aber solche schmale Beträume an den Seite des Wohnraumes, die, wie vorher auseinandergesetzt wurde, wahrscheinlich die ersten Erweiterungen der einfachsten Urform des sächsischen Hauses gewesen sind.

Was die Entwicklung des fränkischen Hauses anlangt, so erscheint es mir nur bedingungsweise zulässig, dass Prof. Henning zum Nachweise der Urform den St. Galler Klostergrundriss heranzieht. Dieser ist nach meinem Dafürhalten nur dann dazu tauglich

wenn man annehmen darf, dass die längere Seite der auf dem Plane gezeichneten Wohnhäuser, wo die dreifach gegliederte Vorhalle mit dem Eingange (ingressus) liegt, die Giebelseite, nicht die Traufseite ist. Denn sobald man zugiebt, dass die Vorhalle auch auf der Traufseite des Hauses liegen könne, erhält man ein so vollständig anders gestaltetes Gebäude, dass von einem Zurückführen auf die gemeinsame, der griechischen Tempelcella ähnliche Urform gar nicht mehr die Rede sein kann. Wenn Prof. Henning in Figur 38 seines Buches ein nordisches Haus aus Lokkre anführt, bei dem eine Art von Vorhalle an der Traufseite vorhanden ist, so giebt es nur zwei Erklärungsversuche für diese abweichende Anordnung: entweder man muss annehmen, dass dieser Bautheil gar nicht als Vorhalle, sondern als eine Erweiterung des Hauses unter den tief herabgeführten Sparren anzusehen, die eigentliche Vorhalle aber der schmale Raum unter der Ueberstube ist (denn auch im Stifte von Drontheim befindet sich ja die Vorhalle unter der Ueberstube); oder man muss voraussetzen, dass eine Ungenauigkeit im Plane vorliegt, vielleicht auch eine spätere Umgestaltung, denn jener schmale Raum hat keinen Zugang von aussen.

Sieht man die Eingangsseite des St. Gallener Gästehauses und die des Handwerkerhauses als Giebelseite an, so haben sie grosse Aehnlichkeit mit dem von Kossmann veröffentlichten Doppelhaus aus dem badischen Schwarzwald (Fig. 21—23).

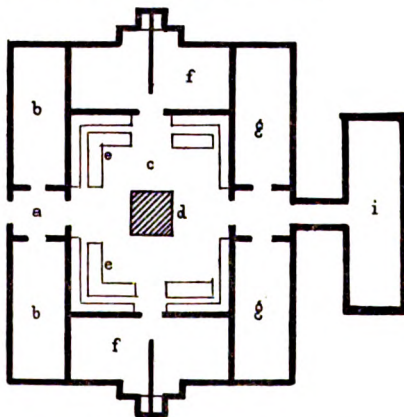


Fig. 21. Gästehaus. (Skt. Gallen).

a. ingressus, bb. cubilia servitorum, c. domus hospitum ad prandendum, d. locus foci, ff. caminatae cum lectis, gg. stabula caballorum, i. exitus necessarius.

Wenn man also in den Räumen a und bb der St. Gallener Häuser die ehemalige Vorhalle erkennen will, so wird man zu der Annahme geführt, dass auch die Stube des Bauernhauses aus der einstigen Vorhalle hervorgegangen ist. Nun weist zwar Prof. Henning

diese Annahme zurück, denn er sagt: „Neben dem alten Herdraume hat sich die „Stube“ erst allmählich zu der hervorragenden Bedeutung entwickelt, die sie jetzt behauptet. Es fragt sich nur, wie und woraus sie entstanden ist. Abzuweisen ist zunächst die Vermuthung,

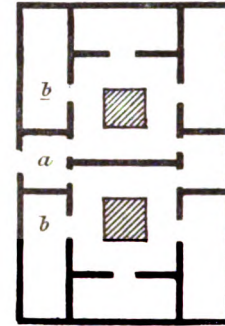


Fig. 22. Handwerkerhaus.

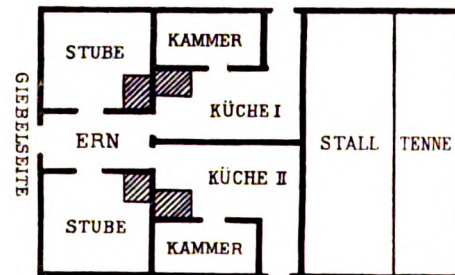


Fig. 23. Doppelhaus aus dem Schwarzwald.

zu der uns vielleicht die Analogie der nordischen und hinterpommerschen Häuser verführen könnte: dass die Stube die alte Vorhalle sei, die ebenso in Wände gefasst und dem Hause einverleibt wurde, wie es dort mit den aus der Vorhalle entstandenen Räumen der Fall war. Aber für Franken und Oberdeutschland lässt sich dies nicht im geringsten wahrscheinlich machen. In Ostdeutschland und im Norden haben sich überall Reminiscenzen an den ursprünglichen Charakter der Vorhalle erhalten und ihr ist nirgends der Eingang entzogen, hier dagegen ist sie immer geschlossen und erinnert in Nichts an die Vorhalle.“ Trotz dieses Einwandes von Henning scheint mir jedoch die Annahme, dass die Stube bei den fränkischen Häusern aus der einstigen Vorhalle entstanden ist, die meiste Wahrscheinlichkeit für sich zu haben, denn die manchmal vor der Hausthür liegenden Schutzdächer oder Vorlauben auf der Traufseite fränkischer Häuser, die Henning zum Beweise anführt, sind durchaus nicht bei allen vorhanden, und namentlich würde, wenn man diese Theile als Vorhallenreste ansieht, anzunehmen sein, dass die

Vorhalle an der Traufseite gelegen habe. Das kann aber unbedingt nicht zugegeben werden.

Die Entwicklungsformen eines fränkischen Hauses würden sich demnach durch folgende Figuren darstellen lassen:

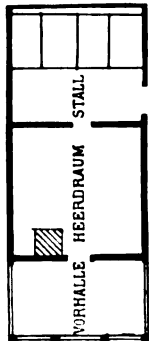


Fig. 24.

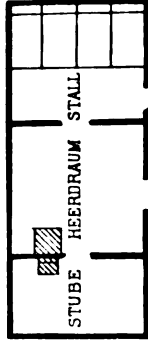


Fig. 25.

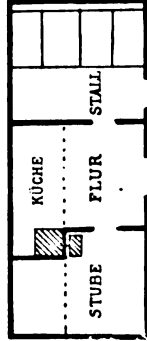


Fig. 26.

Musste bei grösserem Viehreichthum die Tiefe des Hauses vergrößert werden, so entstanden am Giebel zwei Stuben, von denen die eine als Libding (für den Auszügler) diente, wie bei dem badischen Hause aus Kienbach (1781):

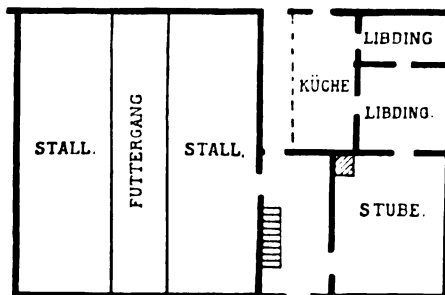


Fig. 27.

O. Gruner in dem Aufsatz: „Volksthümliche Bauweise“ nimmt übrigens ebenfalls an, dass die Stube durch Einbauen in eine auf freistehenden Säulen ruhende Halle entstanden sei, wenn auch sein Erklärungsversuch für die Bauweise der Blockwände in Verbindung mit Holzsäulen nicht völlig richtig ist, denn der Herdraum, nicht die Stube war der älteste Theil des Wohnhauses. Der folgende Grundriss eines Hauses aus Hinterhermsdorf ist diesem Aufsatz entnommen:

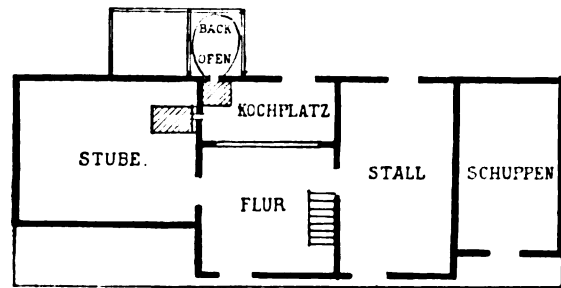


Fig. 28.

Auch hier hat man den Eindruck, als ob die Stube durch Anfügung an den Herdraum, nicht durch Abtrennung von diesem entstanden sei.

Für die Entwicklungsgeschichte des deutschen Bauernhauses bleibt noch manches übrig, was der Klärung bedürftig erscheint. Nur durch zahlreiche Aufnahmen der noch vorhandenen älteren Exemplare lässt sich Aufschluss über eine Anzahl noch unbeantworteter Fragen erwarten. Man darf mit Sicherheit hoffen, dass durch die gemeinsame Arbeit der deutschen Fachgenossen sehr viel werthvolles Material gewonnen werden wird, dessen Zusammenstellung und Veröffentlichung mit grossem Interesse entgegenzusehen ist.

Literarische Besprechungen.

Die Bekämpfung der Infektionskrankheiten. Hygienischer Theil von Oberingenieur Brix, Professor Dr. Pfuhl und Hafenarzt Dr. Nocht. Herausgegeben von Stabsarzt Prof. Dr. Behring. Mit 14 Abbildungen und 3 Tafeln. Leipzig, Georg Thieme. Preis 12 $\mathcal{M}$ brochirt, 13 $\mathcal{M}$ gebunden.

Der weitaus grösste Theil des vorliegenden, von dem bekannten Entdecker der Serumtherapie herausgegebenen Buches umfasst die Besprechung der hygienisch-technischen Maassnahmen zur Verhütung und Beseitigung von solchen ansteckenden Krankheiten, deren Entwicklung mit dem Wasser und der Beschaffenheit des Bodens im Zusammenhange steht. Die Bearbeitung dieses Theiles lag in den Händen des Oberingenieurs Brix-Wiesbaden, der insbesondere durch seine Thätigkeit auf dem Gebiete der Städteentwässerungen in der Fachwelt vortheilhaft bekannt ist. Er hat den umfangreichen Stoff in der Weise gegliedert, dass einem kurz gehaltenen Abschnitt über Wasserversorgungsanlagen (für welchen der Hafenarzt Dr. Nocht in Hamburg die Anforderungen an ein gesundheitsgemässes Trinkwasser bearbeitet hat) die Kapitel über Entstehung, Verhütung und Beseitigung von Bodenverunreinigungen folgen. Unter ihnen nimmt naturgemäss die Entfernung des Haus- und Regenwassers durch unterirdische Kanäle, die Reinigung des Kanalwassers, die Beseitigung und Unterbringung der Auswurfstoffe, wie des Kehrtritts die erste Stelle ein; ausserdem haben auch die Befestigungsarten der städtischen Strassen, die Reinigung und Sprengung derselben, sowie die Entfernung von Schnee und Eis nähere Erwähnung gefunden. Auf allen Gebieten (insbesondere auch auf dem der Kehrtritt-

verbrennung) werden die neuesten Anordnungen kritisch besprochen und die in der eigenen Praxis gesammelten Erfahrungen verwerthet. Die Darstellung ist klar und ansprechend; gleichwohl dürfte das Verständniss mancher der beschriebenen Einrichtungen durch das vollständige Fehlen von Zeichnungen dem nicht bereits sachkundigen Leser etwas schwer fallen und der Verzicht auf jedwede Literaturangabe nicht nach Jedermanns Geschmack sein.

An den von Brix bearbeiteten Theil schliesst sich derjenige von Professor Dr. Pfuhl-Berlin über Desinfektionsanstalten und Desinfektionsapparate zur Befreiung der Wäsche, Betten und Geräthe von Ansteckungstoffen, ferner ein Abschnitt des Hafenarztes Dr. Nocht-Hamburg über Schiffsdesinfektion. Beide Kapitel, welche mit einer Anzahl von Abbildungen ausgestattet sind, behandeln in einer bis jetzt an keiner anderen Stelle vorhandenen Vollständigkeit das wichtige Gebiet der Desinfektion und sind um so werthvoller, als die Darstellung sich auf eigene Thätigkeit und selbst gemachte Erfahrungen stützt.

Der Preis des Buches muss bei einem Umfange von fast 500 Seiten als ein mässiger bezeichnet werden. Erwähnung verdient auch das eingehende Inhaltsverzeichnis, welches besonders die von Brix bearbeiteten Gegenstände in ungewöhnlicher Ausführlichkeit aufführt. A. F.

Der Wiesenbau in seinen landwirthschaftlichen und technischen Grundzügen von Prof. Dr. Dünkelberg, Direktor der kgl. landwirthschaftlichen Akademie Poppelsdorf. Dritte, sehr vermehrte Auflage. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn. 1894.

Obwohl das vorliegende Buch in erster Linie für Landwirthe und Wiesenbautechniker bestimmt ist, so wird dasselbe unter Umständen auch von Bauingenieuren zur Hand genommen werden in der Erwartung, über Meliorationen und die Unterbringung von städtischen Abwässern auf Rieselfeldern gründlichere Belehrung zu finden, als sie von den technischen Lehrbüchern über Wasserbau geboten werden kann. Soweit die landwirthschaftliche Seite in Frage kommt, wird diese Erwartung auch gerechtfertigt; dagegen finden sich — insbesondere in dem als Anhang beigefügten Abschnitt über die Bewässerung mit städtischem Kanalwasser — mehrere in das Gebiet der Technik gehörende Bemerkungen, welche eine berichtigende Besprechung erwünscht erscheinen lassen.

So wird (S. 265) ein Gefälle von 1:1000 als normal für Entwässerungskanäle angegeben. Für den grössten Theil der eigentlichen Strassenleitungen reicht ein solches Gefälle

aber nicht aus, um die zur Fortspülung der Schmutzstoffe erforderliche Geschwindigkeit (0,6 bis 0,7 m) zu erzeugen; hier ist vielmehr 1:100 bis 1:300 am Platze. — Nach S. 280 soll zur Vergrösserung der abzuführenden Wassermenge der Umstand beitragen, dass die Kanäle in ihrem oberen Theile in der Regel nicht dicht schliessen und demzufolge aus dem umgebenden Erdreich Wasser aufnehmen. Derartige Undichtigkeiten werden gegenwärtig aber wohl allgemein vermieden und kommen höchstens noch bei sehr nachlässiger Ausführung vor. — Nach S. 267 „hat man vorgeschlagen“, zu Lüftungszwecken die Kanäle mit den Regenrohren der Häuser zu verbinden; eine solche Verbindung bildet aber schon seit vielen Jahren die Regel bei den meisten Kanalisationsanlagen. — S. 306 ist die Behauptung aufgestellt, dass es behufs Ersparung an Pumpkosten weit einfacher und naheliegender gewesen wäre, die Kanalwässer der Stadt Berlin „mit freiem Fall“ im

Spreethal entlang nach Spandau zu führen und sie dort zur Berieselung zu benutzen. Mit Rücksicht auf die eingehenden Vorarbeiten, welche den Berliner Anlagen vorangegangen sind, wäre es wohl am Platze gewesen, diese Behauptung — welche nach unserer Meinung von einer geringen Kenntniss der einschlägigen Verhältnisse zeugt — näher zu begründen. — Ferner möchten wir glauben, dass der Verfasser zu weit geht, wenn er (S. 273) meint, die Ueberstauung mit Kanalwasser und die Anlage drainirter Einstaubecken für den Winterbetrieb auf den Berliner Rieselfeldern sei als „hygienische und technische Verirrung zu brandmarken“. Dem Landwirth mag ja diese mangelhafte Ausnutzung der Dungstoffe ungerechtfertigt und selbst verwerflich erscheinen; das Urtheil wird aber ein anderes, sobald man auch dem finanziellen Standpunkt eine Berechtigung zugesteht. Die in den sechziger und theilweise noch in den siebziger Jahren gehegte Hoffnung, es werde das auf die städtischen Rieselfelder verwendete Kapital sich angemessen verzinsen oder gar Ueberschüsse abwerfen, hat sich mit ganz wenigen Ausnahmen als irrig erwiesen; vielmehr gilt als Regel, dass alljährlich bedeutende Zuschüsse erforderlich werden, nicht allein wegen der theuren Einrichtungskosten der Rieselfelder, sondern auch in Folge der hohen Bodenpreise, welche in der Nähe der grösseren Städte angelegt werden müssen. Diese Zuschüsse würden ins Ungemessene wachsen, wollte man den Feldern die zur vollständigen landwirthschaftlichen Ausnutzung erforderliche Fläche geben. Aus diesem Grunde wandeln auch die besten der vorhandenen Anlagen kaum ein Viertel der ihnen zugeführten Dungstoffe in Pflanzen um; der Rest wird durch Einwirkung des Bodens in unschädliche und lösliche Verbindungen übergeführt, welche mit dem Drainwasser abfliessen. Betrachtet man unter Berücksichtigung dieser thatsächlichen Verhältnisse den Boden in erster Linie als Mittel zur Reinigung des Kanalwassers und erst in zweiter Linie als Pflanzenerzeuger, so wird man der Anlage von Einstaubecken — welche auf der Grundlage der in England vielfach gebräuchlichen Reinigung

durch natürliche Filterung beruhen — eine gewisse Berechtigung nicht versagen dürfen.

Beim Durchblättern der übrigen Theile des Buches fällt es (S. 214) auf, dass der von Merl gemachte und durch Rechnung begründete Vorschlag, die Saugedrainen in das stärkste Gefälle und die Sammeldrainen quer auf diese Richtung zu legen, nur mit einigen allgemeinen Sätzen und der Bemerkung zurückgewiesen wird, es entspreche dieser Vorschlag dem „Ausbildungsgange des Bauingenieurs, seine Maassnahmen rechnerisch begründen zu wollen, was bei landwirthschaftlicher Produktion leider nicht immer anwendbar sei“. Wenn auch (wie hervorgehoben wird) der beschränkte Raum eine eingehende kritische Besprechung verbieten mochte, so wäre ein kurzes Zurückgreifen auf die Rechnung doch wohl am Platze gewesen. Der Nachweis ihrer Unrichtigkeit oder der Mangelhaftigkeit der ihr zu Grunde liegenden Voraussetzungen hätte dann sicher zur Förderung der Sache beigetragen. Denn es kann dem Landwirth ebenso wenig wie dem Ingenieur schaden, wenn er sich daran gewöhnt, die Richtigkeit seiner Ausführungen an der Hand der Rechnung näher nachzuweisen.

Endlich ist noch zu bemerken, dass die Literaturangaben zum Theil etwas dürftig ausgefallen sind. Beispielsweise beschränken sich diejenigen über Wasserbau (Einleitung S. 14) auf die Anführung des Becker'schen Werkes vom Jahre 1856; auch die empfohlenen Ausgaben von „Pressler, der Messknecht und sein Praktikum. Braunschweig 1862“ sowie von „Bernoulli, Vademekum des Ingenieurs. Stuttgart 1855“ sind (schon mit Rücksicht auf die Rechnung nach Thalern und Fussmaass) als veraltet zu bezeichnen. Die Literatur über die Technik der Berieselung mit städtischem Kanalwasser ist vollständiger, beschränkt sich aber vorzugsweise auf die Zeit bis zur Mitte der siebziger Jahre und lässt z. B. die bemerkenswerthen Veröffentlichungen von Durand-Claye, Corfield, A. Müller, F. Fischer und König unerwähnt. A. F.

G. C. Schulze, Baumeister. Die Dachschiftungen. Anleitung zur Erlernung und Anwendung der verschiedenen Schiftungsmethoden für Zimmerleute, Bauschüler, Techniker u. s. w. Mit 3 lithographischen Tafeln, enthaltend 36 Figuren. Hildburghausen 1895. Otto Petzold.

Im Vorwort behauptet der Verfasser, dass bis jetzt ein für Zimmergesellen, Techniker u. s. w. berechnetes und dabei auch brauchbares Werk, welches die Schiftungen erschöpfend behandelt, noch nicht vorhanden sei. Nach unserer Kenntniss der einschlagenden Literatur trifft das nicht zu; wir erinnern z. B. nur an das praktische Hand- und Hilfsbuch von Harres: „Die Schule des Zimmermanns“ (Seite 317, Jahrg. 1876 des Civilingenieur besprochen), wo im II. Kapitel „Von dem Schiften“ mindestens in eben so

anschaulicher Weise gehandelt wird, wie es in dem Schulzeschen Heft geschieht. Freilich möchten wir bezweifeln, ob sowohl jene wie diese Anleitung im Stande sein würde, Jemanden, der weder die praktischen Handgriffe, noch die Fundamentalsätze der darstellenden Geometrie bereits kennt, mit dem Wesen einer Schiftung vertraut zu machen; wir glauben, dass dieses Unternehmen ungefähr ebenso aussichtsreich wäre, als wenn ein Schulmädchen das Stricken mit Hilfe eines textilwissenschaftlichen Aufsatzes erlernen sollte! O. Gr.

L. Brennecke, Kaiserl. Marinehafen-Bauinspektor. Ergänzungen zum Grundbau. Mit 200 Illustrationen im Text. Berlin Kommissions-Verlag von Ernst Töche. 1895.

Der vorliegende zweite Theil des ersten Heftes der Ergänzungen zur Abtheilung III des Handbuchs der Baukunde bringt auf mehr als 116 Seiten eine lange Reihe werthvoller Nachträge, welche durch die wesentlichen Fort-

schritte auf dem Gebiete des Grundbaues nothwendig geworden sind und mit deren Bekanntgabe nicht bis zur Veranstaltung einer neuen Auflage des Hauptwerks gewartet werden durfte. Es wird damit in dankenswerther

Weise den Erwartungen entsprochen, die wir s. Z. bei Besprechung des „Handbuchs der Baukunde“ (Civilingenieur, XXXII. Band, 5. Heft) äusserten und somit dafür Sorge getragen, dass das Unternehmen nicht verwelkt, sondern ein lebensfrischer Zweig am Baum unserer Fachliteratur bleibe. Dabei ist keines der zehn Kapitel ganz leer ausgegangen,

einige derselben sind ganz wesentlich bereichert worden, z. B. die Luftdruckgründung, namentlich durch Hinweise auf französische Bauausführungen.

Gleichzeitig bringen die Ergänzungen Verzeichniss und Berichtigung der sehr zahlreichen Druckfehler, die sich im Hauptwerke vorfinden. O. Gr.

Das Gasglühlicht. Eine Abhandlung über Wesen und Preis dieser neuen Beleuchtungsart im Vergleiche zum elektrischen Glühlicht, nebst einer auszugsweisen Wiedergabe der bemerkenswerthesten Gutachten von Staatsbehörden, staatlichen Instituten, fachmännischen Autoritäten und von Gegnern des Gasglühlichts. Von G. Hartwig, Baumeister und Mitglied des Stadtverordneten-Kollegiums zu Dresden. Dresden-A., Hellmuth Henkler, 18'4.

Die 87 Seiten starke Schrift enthält eine nachdrückliche Empfehlung des Gasglühlichts, dessen Vorzüge auf Grund der mitgetheilten Gutachten und Versuche von Professor Dr. Renk (früher in Halle, jetzt in Dresden) und der physikalisch-technischen Reichsanstalt zu Charlottenburg, sowie der Vorträge der Gasanstaltsdirektoren Fährndrich-Wien und v. Oechelhäuser-Dessau hervorgehoben werden. Der angestellte Vergleich mit dem elektrischen Glühlicht fällt sehr zum Nachtheil desselben aus, sofern man lediglich die Kosten berücksichtigt und diese auf eine Normkerze

reduziert. Es will uns aber fraglich scheinen, ob das von dem Verfasser stets beobachtete Verfahren unter allen Umständen richtig ist. Denn in zahlreichen Fällen genügt eine einzelne elektrische Glühlampe von 16 und selbst von 10 Kerzen und der Ersatz derselben durch ein Auerlicht von 50—60 Kerzen würde einer Lichtverschwendung gleichkommen. Verschiedene Bemerkungen sind deshalb nur mit einiger Einschränkung richtig, wenn man auch im Uebrigen hinsichtlich der guten Eigenschaften und des billigen Preises des Gasglühlichts mit dem Verfasser übereinstimmen mag. A. F.

Die mechanische Abwicklung eines geschlossenen Verkehrs. Vorschläge zur weiteren Ausbildung der dem Verkehr dienenden Selbstverkäufer von G. Wegner, Kgl. Preussischer Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspektor in Berlin. Mit 1 Tafel und 24 Holzschnitten. Berlin, W. Ernst & Sohn. 1894.

Selbstthätige Fahrkarten-Verkäufer (sog. Fahrkarten-Automaten) sind bereits auf zahlreichen Bahnhöfen — namentlich der Preussischen Staatsbahnen — in Gebrauch; man entnimmt ihnen nach Einwerfen eines Geldstücks eine Zugangskarte zum Bahnsteig oder ein Fahrbillet für den Vorortverkehr. Auf Grund der hier gesammelten Erfahrungen macht nun der Verfasser Vorschläge zur weitergehenden Benutzung derartiger Selbstverkäufer durch Verbindung derselben mit Drehkreuzen, deren Verschluss in Folge der Entnahme der Fahrkarte oder einer Kontrolmarke während des Durchschreitens aufgehoben und alsdann wieder selbstthätig hergestellt wird. Der Besprechung dieser Anordnung

(D. R. P. 70975), welche sich beispielsweise auch für zoologische Gärten, Wandelbahnen, Parkanlagen, Aussichtsthürme u. s. w. eignen würde, folgt eine Darstellung der Schalteranlagen und Absperrungsvorrichtungen der Bahnsteige bei Benutzung von Selbstverkäufern, über die Selbstbedienung des Publikums in Stadtbahn- und Vorortverkehren, bei Benutzung von Fernsprechanlagen, Abort- und Wascheinrichtungen u. s. w.

Die kleine, mit 40 Abbildungen ausgestattete Schrift eröffnet einen interessanten Ausblick auf die Anwendbarkeit selbstthätiger Vorrichtungen, denen auf dem Gebiete des Verkehrs voraussichtlich noch eine Zukunft bevorsteht. A. F.

Personal-Notizen.

Bei der staatlichen Hochbauverwaltung im Königreiche Sachsen ist
der Landbaumeister Hermann Heinrich Edmund Waldow in Dresden zum Oberbaurath bei dem Finanzministerium ernannt,
dem Landbaumeister Bernhard Otto Hülle die Verwaltung des Landbauamtes Dresden I,
dem Landbaumeister Karl Otto Trobsch die Verwaltung des Landbauamtes Dresden III übertragen,
der Landbauinspektor prädiz. Landbaumeister Karl Ottomar Reichelt zum etatmässigen Landbaumeister ernannt und
den dem Finanzministerium beigegebenen Oberbauräthen zur Dienstleistung zugetheilt, ferner
der Regierungsbaumeister Friedrich August Süss in Dresden zum Landbauinspektor
ernannt worden.

Der Regierungsbaumeister Richard Ferdinand Friedrich Klobberg scheidet mit Ende März 1895 aus dem sächsischen Staatsdienste aus.



Dr. W. Fränke

Geh. Hofrath, Professor an d. Kgl. Technischen Hochschule z. Dresden

Photographie von Messenbach, Hartung & Co. Leipzig

Geh. Hofrath Prof. Dr. Wilhelm Fränkel †.

In der Nacht vom 12. zum 13. April d. J. verschied zu Dresden der geheime Hofrath und ordentliche Professor für Brückenbau und Statik der Baukonstruktionen an der Königl. technischen Hochschule Dr. phil. Wilhelm Fränkel und in den Vormittagstunden des dritten Osterfeiertages fand sich eine zahlreiche Trauerversammlung in seinem Hause ein, um ihm die letzten irdischen Ehren zu erweisen. Vertreter der K. Ministerien des Kultus und öffentlichen Unterrichtse, des Innern und der Finanzen, denen er unterstellt und während langer Jahre als sachverständiger Beirath beigegeben war, der Stadt, welcher er als Bürger angehörte, der Hochschule, an welcher er seit 30 Jahren wirkte, der Wissenschaft, deren Zierde er war, und des sächsischen Ingenieur- und Architekten-Vereins, zu dessen Mitgliedern er seit dem Jahre 1867 zählte, waren erschienen und die Worte, welche an seinem Sarge gesprochen wurden, der Dank der Professoren und Studierenden der Hochschule, des Vorsitzenden unseres Vereins, wie zahlreiche Lorbeer- und Blumenspenden bezeugten es, dass ein Mann aus dem Kreise der Lebenden geschieden sei, der seinen Platz voll ausgefüllt und viele Herzen gewonnen hatte.

Allen diesen, seinen zahlreichen Freunden und Schülern durfte es erwünscht sein, wenn in diesem Blatte, dem er so oft seine Feder zur Verfügung gestellt hat, eine etwas ausführlichere Schilderung seines Lebens und Wirkens gegeben und damit zugleich ein letzter Ehrenkranz auf sein stilles Grab gelegt wird.

Geboren am 1. Januar 1841 in Odessa, wo sein Vater, der kaiserlich russische Staatsrath Dr. Fränkel als Arzt wirkte, erhielt er seine wissenschaftliche Ausbildung an dem Gymnasium seiner Vaterstadt. Von welchem Erfolge schon diese seine ersten Studien begleitet waren, beweist nicht nur die im Jahre 1857 erfolgte Absolvierung dieser Anstalt, sondern auch die ihm hierbei für seine vorzüglichen Leistungen verliehene goldene Medaille. Sein Wunsch, Ingenieur zu werden, führte ihn unmittelbar darauf durch die Vermittelung eines in Leipzig wohnenden Onkels nach Dresden, dessen

aufblühendes Polytechnikum damals vielfach von Deutschrussen besucht wurde.

Dass er hier seine Wohnung in dem gastlichen Hause des damaligen Professors Dr. O. Schlömilch aufschlug, sollte für seine Zukunft von Bedeutung werden. Zugleich mit einigen Landsleuten fand er in dem Heim des geistreichen, allgemein beliebten Mathematikers, in dem Umgange mit dessen liebenswürdiger und feingebildeter Familie reiche Anregung, wie er selbst dem kleinen Kreise, in dem er wie ein Sohn aufgenommen wurde, durch seinen stets harmlosen und frischen Humor, wie durch sein reiches musikalisches Talent ein neues hochgeschätztes Glied wurde. Und auch am Polytechnikum war seine Arbeit von reichem Erfolg begleitet, rasch durchheilte er die damals vorgeschriebenen 5 Studienjahre und erhielt Ostern 1861 das Belobigungsdekret, Ostern 1862 nach Ablegung seiner Reifeprüfung für das Ingenieurfach im engeren Sinne die höchste Auszeichnung, die silberne Medaille. Und dass er während seines Studiums auch den Freuden des studentischen Lebens nicht fern blieb, geht u. A. daraus hervor, dass er zu den ersten Mitgliedern der im Jahre 1860 gegründeten ersten studentischen Verbindung „Concordia“ (dem heutigen Corps Markomannia) gehörte und manche Freundschaft, die er in diesem Kreise schloss, hat ihn durch sein ganzes Leben begleitet.

Im Jahre 1862 trat Fränkel, zunächst diätarisch, bald aber in fester Stellung als „Ingenieur-Assistent“ in die Dienste der Königl. sächsischen Staatseisenbahn-Bauverwaltung, betheiligte sich zunächst an der Ausführung der speziellen Vorarbeiten der voigtländischen Staatseisenbahn (Herlasgrün—Eger) und war dann auf der Station Eger — u. A. beim Bau des dortigen Egerthalviaduktes — beschäftigt. Aber nur zu bald sollte diese anregende, ihm schnell lieb gewordene praktische Thätigkeit ein Ende finden, da er schon im Herbst 1865 als Assistent des damaligen Lehrers für Ingenieur-Wissenschaften, des Regierungsrath Professor Schubert an das Polytechnikum in Dresden berufen wurde. Kurz

darauf legte er sein zweites Staatsexamen (die Baumeisterprüfung) ab.

Kaum ein Anderer wäre wohl zu der schweren Aufgabe, dem verdienstvollen und eigenartigen, aber nun alternden und vielfach an überwundenen Anschauungen hängenden Schubert zur Seite zu stehen, so geeignet gewesen, als der jugendliche, für sein Fach begeisterte und reich befähigte, dennoch so lebenswürdig bescheidene Fränkel. Es fiel ihm zunächst die Leitung der Uebungen im Entwerfen von Ingenieurbauten zu und er konnte dabei so recht der Rathgeber jedes Einzelnen werden, sein Talent im Lehren entwickeln und seiner Neigung für Einflechtung praktischer Rathschläge Folge geben und bald scharten sich die Schüler um ihn, in dem sie den Führer in einer neuen, wissenschaftlich begründeten und zu praktisch verwendbaren Zielen führenden Richtung erkannten.

Im Jahre 1866 erschien Culmann's epochemachende „Graphische Statik“ und es beweist Fränkel's volles Verständniss für die Wichtigkeit dieses neuen Weges und seine rasche Auffassung, dass er noch in demselben Jahre am Polytechnikum Vorträge über graphische Statik eröffnete.

1867 erwarb er sich den Titel eines Doktors der Philosophie an der Universität Jena mit seiner Dissertation „über die Einwirkung rollender Lasten auf nicht versteifte Hängebrücken“ und in demselben Jahre erschien seine erste Veröffentlichung in dieser Zeitschrift „die Berechnung eiserner Bogenbrücken“, welcher er im folgenden Jahre solche über „Konstruktion und Berechnung der Fahrbahn eiserner Strassenbrücken“ in der Zeitschrift für Bauwesen, sowie wiederum im „Civilingenieur“ über „fliegende Versatzgerüste für steinerne Brücken und Viadukte“ und über „die ungünstigste Stellung eines Systems von Einzellasten auf Trägern über eine oder zwei Oeffnungen“ folgen liess.

Am 1. März 1868 wurde er zum ordentlichen Lehrer am Polytechnikum ernannt und mit der Vertretung des mehrfach erkrankten und beurlaubten Schubert in dem gesammten Fach des Bauingenieurwesens: Strassen- und Eisenbahnbau, Brücken- und Wasserbau beauftragt. Trotz dieser umfangreichen Thätigkeit fand er doch noch Zeit neben zahlreichen Exkursionen, die er als ein wichtiges Ausbildungsmittel anerkannte und mit aufopfernder Sorge vorbereitete und durchführte, im Jahre 1869 einen Artikel über „die Konstruktion eiserner Fachbrücken“ in dieser Zeitschrift zu veröffentlichen und einen Vortrag „über den Einfluss der Kiessdecke auf die Tragfähigkeit von Wellblech“

zu halten, dessen Abdruck in den „Protokollen des sächs. Ingenieur- und Architekten-Vereins“ erfolgt ist. — Ostern 1869 legte Regierungsrath Prof. Schubert sein Lehramt nieder und während des folgenden Halbjahres übernahm Fränkel wieder das ganze Fach allein, nur für den Wasserbau durch den mit Abhaltung von Vorlesungen beauftragten Oberingenieur Löhmann unterstützt. Die Arbeitslast, welche mit der Behandlung des gesammten Bauingenieurwesens bei den inmittelst in Theorie und Praxis grossartig entwickelten Bedeutung dieser Wissenschaft einem Manne zugemuthet wurde, drängte zu einer Trennung des Faches, und die im Oktober 1869 erfolgte Berufung des Regierungs- und Baurathes Köpcke für die ordentl. Professur des Strassen-, Wasser- und Eisenbahnbaues gestattete dem nun ebenfalls zum ordentl. Professor ernannten Fränkel seine volle Thätigkeit dem ihm besonders lieb gewordenen Brückenbau zu widmen, nicht ohne dass die mehrjährige Beschäftigung mit dem Eisenbahnfach auch eine für dieses werthvolle Veröffentlichung veranlasst hätte, indem er — neben der Mitarbeit an dem 1874 erschienenen Atlas für Bauwesen — in dem 1877 erschienenen III. Bande der „Vorträge über Eisenbahnbau“ seines Freundes Winkler den Abschnitt über „Schiebeebenen und Drehscheiben“ bearbeitete, ein Thema, welches er kurz danach auch für Heusinger von Waldegg's Handbuch der speziellen Eisenbahntechnik übernahm.

Der Bau eiserner Brücken nahm zu dieser Zeit einen mächtigen Aufschwung, die Anwendung der Elastizitätstheorie in Verbindung mit dem zu allgemeiner Anwendung gelangten graphischen Verfahren hatten eine gründliche Umgestaltung der bei Konstruktion und Berechnung eiserner Brücken angewandten Methode veranlasst und mit vollem Eifer betheiligte sich Fränkel an der Nutzbarmachung und Ausgestaltung dieser theoretischen Errungenschaften. In diese Periode fallen seine Veröffentlichungen „Anwendung der Theorie des augenblicklichen Drehpunktes auf die Bestimmung der Formänderung von Fachwerken“, „die Theorie des Bogenfachwerkes mit zwei Gelenken“, welche im Jahre 1875 und „die Theorie des einfachen Sprengwerks“, sowie über die ungünstigste Einstellung eines Systems von Einzellasten auf Fachwerkträgern mit Hilfe von Influenzkurven“, welche im Jahre 1876 in dieser Zeitschrift erschienen; ferner seine Beiträge über „Bewegliche Brücken“ für das Handbuch der Ingenieurwissenschaften (erste Auflage 1878, zweite 1888). Die durch solche Arbeiten gewonnene Erkenntniss von der Wichtigkeit einer genauen Messung der Formänderungs-

arbeit führten ihn im Jahre 1881 zur Konstruktion des sogenannten „Dehnungszeichners“, welche er ebenfalls in dieser Zeitschrift veröffentlichte und damit auf ein Gebiet, in welchem er einen massgebenden Einfluss auf die für eiserne Brücken immer nothwendiger werdenden Untersuchungsmethoden gewinnen und ausüben sollte. Die im Jahre 1883 im Civilingenieur erschienenen „Versuche mit dem Dehnungszeichner“ zeigten den Erfolg des Verfahrens, welches Fränkel durch seinen 1884 konstruirten und veröffentlichten „Durchbiegungszeichner“ weiter ausbildete. In verbundener Anwendung beider Apparate hat der Erfinder durch seine Spannungs- und Formänderungsmessungen an dem eisernen Pendelpfeilerviadukt über das Oschützthal bei Weida, sowie den Balken- und Bogenbrücken der Hainsberg-Dippoldiswalder Staatsbahn und der Elbbrücke bei Meissen eine grosse Anzahl bemerkenswerther Aufschlüsse über das Verhalten derartiger Eisenbauten unter beweglichen Lasten geliefert und Anregung zu weiteren Untersuchungen gegeben. Auch seine letzten Arbeiten haben sich in dieser ihm besonders zusagenden Richtung bewegt und zur Konstruktion eines neuen, dem Seismographen nachgebildeten Instrumentes zur Messung der Schwingungen belasteter Bauwerke geführt, welches er mit dem Namen „Schwingszeichner“ belegte und über dessen Konstruktion und Anwendung er noch im Vorjahre zwei Aufsätze im „Civilingenieur“ veröffentlichte. Leider sind weitere Studien, welche sich auf die Anwendung der Photogrammetrie zu gleichem Zwecke bezogen, nicht zum Abschluss gebracht worden.

Das schon von Moseley aufgestellte und von Scheffler in seiner Gewöltheorie angewandte „Prinzip des kleinsten Widerstandes“ führte ihn im Jahre 1882 zu einer Veröffentlichung in der Zeitschrift des Architekten- und Ingenieur-Vereins für Hannover über „das Prinzip der kleinsten Arbeit der inneren Kräfte elastischer Systeme und seine Anwendung auf die Lösung baustatischer Aufgaben“, welcher er selbst eine grundlegende Bedeutung beimass, nachdem ihm vorher von verschiedenen Seiten die Neuheit einer solchen Anwendung des gedachten Grundsatzes bestätigt worden war. Erst während der Drucklegung dieser Arbeit machte ihm Winkler darauf aufmerksam, dass sich der Satz über die kleinste Deformationsarbeit elastischer Systeme bereits in dem kurz vorher erschienenen Werke von Castigliano „Théorie des systèmes élastiques“ befände. Er musste seine Arbeit mit einer bezüglichen Bemerkung erscheinen lassen und die Priorität des von ihm selbstständig aufgestellten und ausgeführten, übrigens

nicht ganz unbestritten gebliebenen Gesetzes an Castigliano abtreten.

Eine ebenso bittere, gänzlich unverdiente Enttäuschung erfuhr er mit dem einzigen grösseren Bauwerk, welches nach seinem Entwurfe ausgeführt wurde, dem von ihm im Auftrag der Leipzig-Dresdner Eisenbahnkompagnie projektirten eisernen Ueberbau der Riesaer Elbbrücke. Derselbe wurde unter der Benutzung der alten Pfeiler — ohne seine Mitwirkung — aufgestellt und stürzte in Folge Unterwaschung der Pfeiler durch das Hochwasser des Jahres 1876 mit den letzteren zusammen.

Der Haupttheil seiner verdienstvollen Thätigkeit aber entfällt auf sein Lehramt: er, der selbst nur kurze Zeit in der Praxis gewirkt hatte, erkannte klar den Werth der Praxis für die Entwicklung der Wissenschaft und die Ausbildung des Ingenieurs und er hat diesen Gesichtspunkt nie aus dem Auge gelassen. Seine stete Rücksichtnahme auf die Bedürfnisse der Praxis des Ingenieurs, sein volles Verständniss für die Aufgaben der Technik haben ihm noch mehr als seine theoretischen Arbeiten das volle Vertrauen und die Anhänglichkeit seiner Hörer gewonnen, ihn in steter Berührung mit den ausübenden Kollegen und seinen früheren Schülern gehalten und ihn befähigt, sein Lehramt, wie seine wissenschaftlichen Arbeiten stets dem Bedürfnisse des Faches anzupassen. Sein klarer, eingehender Vortrag, seine sichere graphische Darstellungsweise haben nicht nur seine Schüler, sondern in den von ihm mehrfach im sächsischen Ingenieur- und Architekten-Verein gehaltenen Vorträgen auch seine Fachgenossen entzückt und sein lebenswürdiges bescheidenes Wesen, mit dem er ebenso bereit war, alle an ihn gerichteten Fragen zu beantworten und aus dem reichen Schatze seines Wissens mitzuthemen, wie sich selbst durch den Umgang mit den in der Praxis stehenden Kollegen praktisch weiterzubilden, machten ihn zu einem der beliebtesten Mitglieder des sächsischen Ingenieur- und Architekten-Vereins, wie er denn auch in den Jahren 1890 und 1891 als Vorsitzender des Verwaltungsrathes desselben fungirte.

Dass sein Werth aber auch in weiteren Kreisen anerkannt wurde, beweisen die wiederholten Berufungen, welche er von Prag, Aachen, Hannover, Riga und München erhielt. Fränkel lehnte dieselben stets ab, um in dem ihm lieb gewordenen Wirkungskreise zu bleiben, und sein Verhalten in allen diesen Fällen hat glänzend bewiesen, wie sehr er frei war von Eigennutz und persönlichem Ehrgeiz. Vom Königl. Finanz-

ministerium war er schon im Jahre 1872 zum Mitglied der obersten technischen Prüfungsbehörde, vom Königl. Ministerium des Innern zum Mitglied der technischen Deputation berufen worden, die Kaiserl. Leopoldinisch-Carolinische Akademie ernannte ihn zu ihrem Mitgliede und Se. Majestät der König ehrte seine Verdienste im Jahre 1878 durch Ernennung zum Baurath, dann durch Verleihung des Ritterkreuzes I. Kl. des Verdienstordens und 1890 durch die Ernennung zum Geheimen Hofrath.

Aber der tüchtige Gelehrte, der Meister in seinem Fach, war auch ein glücklicher Familienvater. Die nahe Verwandte und Pflögetochter seines väterlichen Freundes Schlömilch hatte schon während seines Aufenthaltes in ihrem elterlichen Hause sein Herz gewonnen und sobald er sich eine sichere Stellung errungen hatte, führte er sein geliebtes Weib heim, das nun 27 Jahre Freud und Leid mit ihm getragen hat. Drei anmuthige Töchter, an deren Wiege die Musen nicht gefehlt hatten, verschönten den stillen Frieden dieses glücklichen Heims und es hat wohl Niemand seine Schwelle verlassen, der nicht die wohlthuende Empfindung mit sich genommen hätte, dass hier das Glück wohnte — ein Glück, das sich für ihn durch die Geburt eines Enkels noch mehrte und erst gestört wurde, als sich vor etwa 2 Jahren ein Herzleiden zeigte und seine körperliche Thätigkeit zu beeinträchtigen begann. Er sah sich durch dasselbe veranlasst, die ihm

für das Jahr 1894 von seinen Kollegen angebotene höchste akademische Würde eines Rektors der Technischen Hochschule abzulehnen und gezwungen, sich ganz von aller Geselligkeit ausserhalb seines Hauses zurückzuziehen.

Im Sommer 1894 erlahmte seine Kraft und mit schwerem Herzen musste er während des folgenden Wintersemesters seine persönliche Thätigkeit an der Hochschule einstellen. Noch in den letzten Wochen seines Lebens beschäftigte ihn die Sorge über die Beschaffung einer Vertretung für sein Lehrfach und schweren Herzens fasste er den Entschluss, sein Lehramt niederzulegen — die Hoffnung sich dann ganz den Seinen und seiner wissenschaftlichen Thätigkeit widmen zu können, war seine letzte Freude.

Was in allen Reden wiederklang, bevor sein Sarg unter den Strahlen der Ostersonne in die stille Gruft sank, das sollen auch diese Zeilen versichern:

Sein Andenken wird unter uns stets in Ehren bleiben!

v. O.

Der Verwaltungsrath

des

Sächs. Ingenieur- und Architekten-Vereins.

Förster,

Geh. Bergrath,
z. Z. Vorsitzender.

Grosch,

Strassen- und Wasserbau-Inspektor,
z. Z. Sekretär.

I. Angelegenheiten des Vereins.

Fehlen.

II. Vorträge und Abhandlungen.

Die provisorische Mandaubrücke im Zuge der Zittau-Oybin-Jonsdorfer Eisenbahn.

Von

Regierungsbaumeister **R. Müller** in Dresden.

(Hierzu Tafel VII und VIII.)

Die in den Jahren 1889 und 1890 als Privatbahn unter der Leitung des Verfassers erbaute schmal-spurige Sekundärbahn Zittau-Oybin-Jonsdorf durchschneidet dicht bei der Stadt Zittau zwischen *km* 1,7 und 3,4 das Thal des Mandaufflusses. Die weite Thal-niederung wird fast jährlich vom Hochwasser — in den Jahren 1880 und 1887 bis 2,0 *m* hoch — überfluthet, weil zur Zeit das Flussbett der Mandau in der Um-ggebung der Stadt wegen vielfacher Krümmungen und Einengungen die Hochwasser nicht schnell genug abzu-führen vermag.

Bei Beginn des Baues der Zittau-Oybin-Jonsdorfer Eisenbahn war die seit langer Zeit geplante Regulirung der Mandau in ein Stadium getreten, welches die Aus-führung des Regulirungsprojektes in abschbarer Zeit erwarten liess.

Die von der Königlichen Staatsregierung anfänglich geforderte hochwasserfreie Lage der Bahn im Mandau-thale hätte den Bau einer bedeutenden Anzahl provi-sorischer Fluthöffnungen in dem 2,0 bis 2,5 *m* hohen und ungefähr 1700 *m* langen Damm erfordert (u. A. einer solchen von 200 *m* Länge), welche nach Aus-führung der Regulirung überflüssig geworden wären. Auch unterlag zur Zeit des Bahnbaues die Linien-führung für das neue Mandaufflussbett noch der end-gültigen Feststellung, so dass Seitens der Regulirungs-genossenschaft der Schnittpunkt der zukünftigen Flussachse mit der Bahnachse nicht angegeben werden konnte. Hier-nach hätte der Einbau der definitiven Mandaubrücke in den Bahnkörper erst während des Betriebes nicht ohne erhebliche Mehrkosten erfolgen müssen.

Die Bahn wurde daher zunächst provisorisch ins

Terrain gelegt und zwar zwischen *km* 1,7 und 2,6 sowie *km* 3,1 und 3,4 an die Grenze des zur definitiven hoch-wasserfreien Anlage erworbenen Terraintreifens, d. i. in 3,5 *m* Abstand rechts von der definitiven Achse, zwi-schen *km* 2,6 und 3,1, jedoch unter Abweichung von der definitiven Bahnlinie in der Nähe der sogenannten Kuhbrücke über die Mandau und den Grottauer Strassen-viadukt durch die Kasernenstrasse hindurch geführt (Taf. I, Fig. 4). Die Bahnkrone erhebt sich dabei nur wenig über das Terrain und in den durchschnittenen Strassenflächen liegt die Schienenoberkante in Höhe der Strassenfahrbahn. Ueber Grundstückseindeichungen, deren Durchschneidung nicht statthaft erschien, und über den fast hochwasserfreien Grottauer Strassenviadukt ist die Bahn mittelst kurzer verlorener Steigungen von 1:30 bis 1:100 hinweggeführt.

Die vorbeschriebene Ausführungsweise, welche möglichst freien Spielraum in der Wahl der Linien-führung für die Mandauregulirung ermöglichte, wurde durch die Königliche Staatsregierung genehmigt und gleichzeitig der Bahngesellschaft nachgelassen, die im Provisorium vorkommenden Ueberbrückungen eines Mühlgrabens und des alten Mandaufflussbettes in Holz auszuführen.

Da Eisenbahnbrücken aus Holz in neuerer Zeit selten zur Ausführung kommen, da ferner die proviso-rische Fluth- und Mandaubrücke wahrscheinlich im Laufe des Jahres 1895 in Folge der Seitens der Stadt-gemeinde Zittau in Ausführung begriffenen Mandau-regulirung wieder zum Abbruch kommen wird, so sei es gestattet, im Nachstehenden auf die Konstruktion und Ausführung des genannten Bauwerkes näher einzugehen.

Allgemeine Anordnung.

Die Länge der Fluth- und Mandaubücke beträgt 87,5 *m* und ist bedingt durch den das Hospitalgrundstück schützenden Hochwasserdeich links und den Grottauer Strassenviadukt rechts der Mandau (Taf. I, Fig. 1 und 2). Die Brücke zerfällt in eine linksufrige Fluthbrücke von Stat. 27 + 56,4 bis Stat. 28 + 12,4 reichend, mit 14 Oeffnungen zu je 4 *m*, und in die eigentliche Flussbrücke zwischen Stat. 28 + 12,4 und Stat. 28 + 43,9 mit 3 Oeffnungen zu je 8,0 *m* und 1 Oeffnung zu 7,5 *m* Spannweite.

Während die Fluthöffnungen mit einfachen Balken überbrückt werden konnten, wurde bei den 8 bzw. 7,5 *m* weiten Oeffnungen die Anwendung verdübelter Balken nothwendig. Der Stoss der Balken über den Jochen erfolgte bei den kleinen Oeffnungen durch mit den Balken verschraubte Sattelhölzer, in den grossen Oeffnungen sind unter letzteren noch Kopfbänder angebracht.

Die Verdübelung wurde auf Anregung des Geheimen Rath Köpcke besonders sorgfältig wie folgt ausgeführt. Jeder Dübel bestand aus 2 Theilen, einem Eichenholz- und einem Schmiedeeisenkeil, welche unter einander sowohl, als auch gegen das Hirnholz der Balken durch eingelegte Zinkblechstreifen getrennt waren (Taf. I, Fig. 5). Die Holzkeile hatten mit den Tragbalken gleiche Faserichtung, was deshalb von Werth ist, weil ein bedeutend grösserer Druck dazu gehört, um Holz in der Faserichtung zu stauchen, als senkrecht zu derselben zusammenzupressen. Die sonst üblichen Querholzdübel geben nach, als wenn sie aus weicherer Masse beständen und vermindern dadurch die Tragfähigkeit des Trägers. Auch verhindern Langholzdübel das lästige Quitschen der Holzkonstruktionen bei eintretender Belastung, eine Erfahrung, die sich im vollsten Masse bestätigt hat.

Die Pfeiler bestehen aus gerammten Pfahljochen, die mit ihrer Längsachse sämmtlich senkrecht zur Brückenachse stehen; jedes Joch enthält 4 Pfähle, von denen die beiden äusseren im Verhältniss 1:5 schräg gestellt sind. Um den durch die Bremswirkung erzeugten Kräften in der Richtung der Brückenachse zu begegnen und ein Umklappen der Joche zu verhüten, sind diejenigen zu beiden Seiten der 8 *m* Oeffnungen in den Stationen 28 + 12,4 und 28 + 36,4 durch je 4 Schrägpfähle, die sich gegen die Jochholme stützen, versteift worden. Die bei Hochwasser und Eisgang am meisten gefährdeten Theile der Flussjoche sind mit Bohlen umkleidet worden.

Die Brücke liegt auf 33,59 *m* Länge in einer Kurve von 90 *m* Halbmesser und auf 62 *m* Länge in Steigung 1:100. Die Ausrundung des Gefällbrechpunktes in Stat. 28 + 18,68 erfolgte mit einer vertikalen Ausrundungskurve von 1000 *m* Halbmesser. Die Ueberhöhung des äusseren Schienenstranges in der 90 *m* Kurve, welche für eine Geschwindigkeit von 25 *km* pro Stunde 43 *mm* beträgt, wurde herbeigeführt durch 1,5 *cm* tief in die Querswellen eingelassene und 40 *cm* lange eichene Klötzchen von entsprechender Höhe, die mit 2 Holzschrauben festgeschraubt waren (Taf. I, Fig. 3).

Zwischen den Schienen ist die Brücke mit 3 *cm* starken Bohlen abgedeckt und auf dem Joche XV mit einem Bahnwärter-Austritt versehen worden.

Um zu verhüten, dass an der Anschlussstelle der Brücke an den Grottauer Strassenviadukt Fussgänger, namentlich bei Dunkelheit, auf die Brückenfahrbahn gerathen und von dieser herabfallen, wurde daselbst ein 6,5 *m* langes und auf 3,70 *m* verbreitertes Stück derselben mit Holzgeländer versehen. Im Uebrigen entbehrt die Brücke sowohl jedes Geländers, als auch irgend welcher Schutzvorrichtungen bei etwaigen Zugsentgleisungen.

Vor den drei im Flussbett stehenden Brückenjochen sind zum Schutze des Bauwerkes bei den in der Mandau nicht unbedeutenden und meist sehr plötzlich auftretenden Eisgängen starke Eisbrecher angeordnet, deren Konstruktion aus Taf. II, Fig. 4 ersichtlich ist.

Statische Untersuchung und Dimensionirung der Tragbalken und Joche.

Die statische Untersuchung der Brücke bietet nichts Neues und soll daher im Folgenden nur kurz den Resultaten nach verfolgt werden.

Es wurde derselben sowohl die Belastung durch eine dreiachsige Tendermaschine mit 0,9 *m* Radstand und 5,3 *t* Achsdruck, als auch eine vierachsige Fairlie-Maschine mit einem Radstande von 1,37 bzw. 2,95 *m* und einem Achsdruck von 7,23 *t* zu Grunde gelegt. Als zulässige Beanspruchung des Kiefernholzes sind 100 *kg* f. d. *qcm* angenommen worden, da die Brücke als Provisorium anzusehen ist.

In den Fluthöffnungen von 4 *m* Spannweite betrug das durch die Querswellen auf die Tragbalken übermittelte Eigengewicht 117,5 *kg* f. d. lfd. *m* Schiene und es ergab die in Fig. 1 dargestellte Mittelstellung einer dreiachsigen Tendermaschine die ungünstigste Belastungsweise.

Dem Maximalmoment von 58000 *cmkg* entsprechen

unter jeder Schiene 2 Tragbalken von 21 cm Breite und 28 cm Höhe. Die Länge der 21 cm breiten und 25 cm hohen Sattelhölzer, die sich nach Winkler zu 0,55 m berechnete, wurde aus konstruktiven Rücksichten zu 1,5 m gewählt.

In den 8 m weiten Mittelöffnungen kam ein Eigengewicht von 250,2 kg f. d. lfd. m Schiene in Betracht, die ungünstigste Belastungsweise erzeugte hier die nach Fig. 2 eingestellte Fairlie-Maschine. Dem Maximalmoment von 1606988 cmkg genügten unter jeder Schiene 2 verdübelte Träger, aus je 2 Balken von 21 cm Breite und 25 cm Höhe in 3 cm lichten Abstand bestehend, welche durch 8 cm starke und 14 cm lange Eichenholzdübel von 2,5 cm Einlasstiefe verbunden waren. Die Dübelentfernung schwankt zwischen 40 cm am Ende und 80 cm in der Mitte des Balkens und genügt der zu 27 kg f. d. qcm angenommenen zulässigen Beanspruchung des Eichenholzes auf Abscheeren parallel zur Faserrichtung. Die Anzahl der Schrauben für jeden Dübel ergab sich zu $1\frac{1}{2}$ bei einer Stärke von 2 cm und einer zulässigen Inanspruchnahme des Schmiedeeisens von 1000 kg f. d. qcm.

In den 8 m Öffnungen haben die Sattelhölzer gleichen Querschnitt wie die Balken, die Länge derselben, welche sich rechnerisch zu 0,9 m ergab, wurde behufs besserer Anbringung der unter 45° geneigten Kopfbänder zu 2,2 m gewählt.

Die aus 4 Rundpfählen zusammengesetzten Joche wurden auf Druck- und Knickfestigkeit untersucht. Die grösste auf ein Joch entfallende Belastung war rund 32000 kg, das sind für jeden Pfahl 8000 kg. Dieselbe setzt sich aus dem 4620 kg für das Joch betragenden Eigengewicht und der durch 2 nach Fig. 3 eingestellten Fairlie-Maschinen erzeugten Betriebsbelastung zusammen. Bei der angenommenen Druckbeanspruchung des Kiefernholzes von 90 kg f. d. qcm ergab sich der erforderliche Pfahldurchmesser zu ungefähr 12 cm, während die Pfähle bei der Ausführung 25 bis 28 cm Durchmesser erhielten. Die Untersuchung auf Zerknicken wurde für das höchste Joch, dessen Pfähle eine freie Länge von 4,18 m haben, durchgeführt. Unter der Voraussetzung, dass die Pfähle an einem Ende fest eingespannt, am anderen jedoch beweglich sind, stellte sich das erforderliche Trägheitsmoment auf 6400, während es sich nach den gewählten Dimensionen über doppelt so gross ergibt.

Alle weiteren Konstruktionseinzelheiten und Abmessungen sind aus den Figuren 1, 2 und 3, Taf. VIII ersichtlich.

Die Bauausführung.

Die Projektsverfassung und die spezielle Bauleitung der Fluth- und Mandaubücke lag im Auftrage der Eisenbahngesellschaft dem Ingenieur v. Sampaio ob, die Zimmerarbeiten wurden nach erfolgter öffentlicher Ausschreibung dem Zimmermeister Poppe in Zittau übertragen, alle übrigen Arbeiten in eigener Regie ausgeführt.

Die Arbeiten begannen am 10. Juni 1890, bereits vom 22. Juli ab konnten Bauzüge die Brücke passieren und am 1. August waren die Nebenarbeiten. Bohlenbelag, Bahnwärteraustritt, Geländer und Theeranstrich beendet.

Während der Rammarbeiten waren unausgesetzt 2 Kunstrammen, eine kleine von 400 kg Bärge wicht, 5 m Fallhöhe und 55 cm Seilscheibendurchmesser und eine grössere von 850 kg Bärge wicht, 6 m Fallhöhe und 80 cm Seilscheibendurchmesser, thätig. Mit der kleinen Ramme sind sämtliche 46 Stück schräg stehende Pfähle in 21 Arbeitstagen, mit der grossen Ramme die 38 Stück geradestehenden Pfähle in 18 Tagen und die 12 Pfähle für die Eisbrecher in 6 Tagen eingeschlagen worden. Den grössten Theil der Arbeitszeit erforderte das Fortrücken und Drehen der Ramme, sowie die Herstellung der Rüstungen. Hierzu wurden die am Zurichten und Aufbringen der Tragkonstruktion arbeitenden Zimmerleute mit verwendet. Im Ganzen erforderte das Bauwerk 325 Arbeiter- und 531 Zimmertagewerke zu je 10 Stunden.

Die Pfähle mussten mit eisernen Schuhen versehen werden, da der Baugrund aus sehr fest gelagertem grobem Flusskies, der linksufrig mit einer ungefähr 1,2 m mächtigen Lehmschicht überlagert war, bestand.

Die Rammtiefe der Pfähle nahm gegen das Flussbett hin zu und betrug zwischen 2,8 und 4,8 m bei Joch I bis XV und zwischen 3,2 und 5,6 m bei Joch XVI bis XIX.

Das von dem Unternehmer angelieferte Holz erwies sich durchgängig von guter Beschaffenheit, die Jochpfähle zeigten vielfach grössere als die vorgeschriebene Dicke und an den Tragbalken und sonstigen Schnitthölzern kamen Baumkanten nicht vor.

Sämmtliche Hölzer waren vor der Verwendung in der staatlichen Imprägniranstalt Löbau mit Chlorzink getränkt worden, nach Fertigstellung der Brücke wurde dieselbe einmal mit Holztheer gestrichen.

Kosten der Brücke.

Die hauptsächlichsten dem Unternehmer-Vertrag zu Grunde liegenden Einheitspreise waren folgende:

1 <i>cbm</i>	kiefernes Rundholz der Rammpfähle 0,26 bis 0,28 <i>m</i> stark frei Baustelle anzuliefern	29,0 <i>ℳ</i>
1 Stück	Rammpfahl zuzuspitzen und oben mit Zapfen zu versehen	0,5 <i>ℳ</i>
1 Stück	eisernen Schuh der Rammpfähle 0,4 <i>m</i> lang und ungefähr 5 <i>kg</i> schwer anzuliefern und zu befestigen, einschliesslich der nöthigen Nägel	4,0 <i>ℳ</i>
1 lfd. <i>m</i>	Rammpfahl zu schälen	0,25 <i>ℳ</i>
1 lfd. <i>m</i>	Rammpfahl von 0,25 <i>m</i> Stärke der Fluthbrückenjoche einzurammen	3,0 <i>ℳ</i>
1 lfd. <i>m</i>	Rammpfahl von 0,26 bis 0,28 <i>m</i> Stärke der Flussjoche und Eisbrecher einzurammen	5,0 <i>ℳ</i>
1 <i>cbm</i>	kiefernes Kantholz zu sämtlichen in der Konstruktion vorkommenden Verbandhölzern frei Baustelle anzuliefern	52,0 <i>ℳ</i>
1 lfd. <i>m</i>	Kantholz in Stärken von 18/24, 20/21, 21/25, 21/28 und 25/25 <i>cm</i> vorschriftsmässig abzubinden und zu verlegen	0,6 <i>ℳ</i>
1 lfd. <i>m</i>	desgleichen von geringeren Stärken abzubinden u. s. w.	0,4 <i>ℳ</i>
1 Stück	eichenen Dübel 8 × 14 × 21 <i>cm</i> stark anzuliefern, auszuschneiden und einzubinden	0,48 <i>ℳ</i>
1 Stück	eisernen Keil anzuliefern und einzutreiben	1,50 <i>ℳ</i>
1 Stück	Zwischenblech aus Zink anzuliefern und einzulegen	0,08 <i>ℳ</i>
1 Stück	eisernen Schraubenbolzen 2 <i>cm</i> stark zur Verbindung sämtlicher Verbandhölzer anzuliefern und einzubinden, einschliesslich späteren Anstrichs der sichtbaren Theile mit Mennige	
	bei 0,40 <i>m</i> Länge	0,60 <i>ℳ</i>
	„ 0,60 „ „	1,10 „
	„ 0,85 „ „	1,20 „
	„ 1,00 „ „	1,50 „

1 Stück	eiserne Klammer zur Verbindung der Pfähle mit den Holmen anzuliefern und einzuschlagen, einschliesslich Mennigeanstrich wie vorher	0,60 <i>ℳ</i>
1 Stück	eisernen, geschmiedeten Spiessnagel 20 <i>cm</i> lang zur Befestigung der Tragbalkenstützen anzuliefern und einzuschlagen, einschliesslich Mennigeanstrich wie vorher	0,10 <i>ℳ</i>
1 <i>qm</i>	3 <i>cm</i> starken rauhen kiefernen Bohlenbelag anzuliefern und aufzubringen, einschliesslich der Nägel	2,20 <i>ℳ</i>
1 <i>qm</i>	Fläche der ganzen Brücke einmal mit bestem Holztheer zu streichen, einschliesslich Lieferung des Materials	0,15 <i>ℳ</i>

In den vorstehenden Einheitspreisen ist das Vorhalten einer Ramme und die Herstellung der nöthigen Rüstungen mit einbegriffen; für das Vorhalten der zweiten Ramme, welche sich zur Beschleunigung der Arbeiten erforderlich machte, wurde dem Unternehmer eine einmalige Vergütung von 130 *ℳ* gewährt.

Die von der Aufsichtsbehörde vorgeschriebene Imprägnirung aller Hölzer mit Chlorzink kostete einschliesslich der Fracht von Löbau nach Zittau 7,2 *ℳ* f. d. *cbm*.

Die Gesamtkosten des fertigen Bauwerkes einschliesslich der Eisbrecher, der Wiederherstellung der steinernen Uferbefestigung, der Geländerumänderung am Grottau Strassenviadukt und des Abtreibens von 250 *cbm* Bodenmassen unter der Fluthbrücke zur Vergrösserung des Durchflussprofils stellen sich auf rund 8500 *ℳ*.

Es kostete somit

1 lfd. <i>m</i>	Brücke	rund 97,0 <i>ℳ</i>
1 <i>qm</i>	Ansichtsfläche des überbrückten Profils gemessen zwischen Schienenunterkante und Terrainlinie	rund 41,0 <i>ℳ</i>

Fig. 1. Ungünstigste Belastung der Fluthöffnungen.

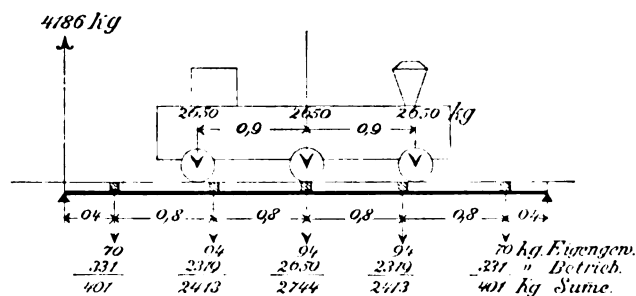


Fig. 2. Ungünstigste Belastung der Mittelöffnungen.

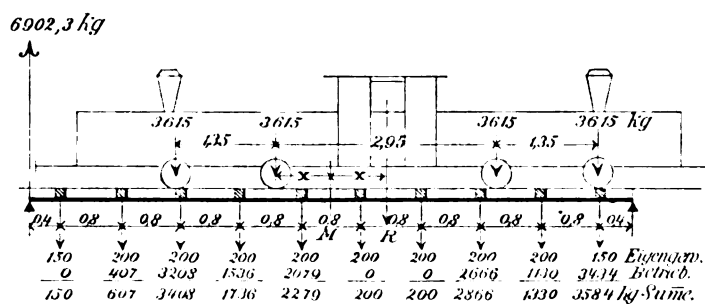
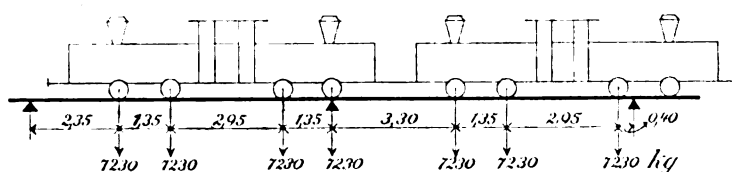


Fig. 3. Ungünstigste Belastung der Brückenjoche.



Was ist eine Erfindung?

Von

Peter Klimentitsch von Engelmeier,

Ingenieur in Moskau.

Bekanntlich sprechen die Patentgesetze von „Erfindung“, beziehentlich „neuer Erfindung“, ohne den mit diesem Wort bezeichneten Begriff näher zu definiren. In den Berathungen, die dem neuen Patentgesetz für Deutschland (vom 7. April 1891) vorhergingen, hat die Enquête-Kommission (1887) die Frage berührt, ob es nicht rathsam wäre, die Erklärung des Begriffes Erfindung in das Gesetz aufzunehmen, und hat diese Frage verneint. Somit ist dessen Feststellung der Wissenschaft und der Rechtsprechung zugewiesen. „Unter Wissenschaft wird man hier nicht ausschliesslich die Rechtswissenschaft, sondern auch die Wissenschaft der Technik zu verstehen haben; der letzteren wird naturgemäss die Aufgabe zufallen, die Grundsätze für eine verständliche und zuverlässige Umgrenzung der mit jeder neuen Erfindung geschaffenen Rechtssphäre zu entwickeln.“*)

Mit diesem Schritte richtet das deutsche Gesetz einen Appell an alle technischen Kreise, sich nach Möglichkeit an der Lösung dieser noch immer offen stehenden, erkenntnistheoretischen Frage zu betheiligen. Einiges dazu beizutragen ist das Ziel der nachfolgenden Bemerkungen.

Verschiedene sprachliche Formeln für den Begriff „Erfindung“.

Die von verschiedenen maassgebenden Stellen gegebenen Erklärungen heben einzelne für wesentlich gehaltene Eigenschaften des Begriffes „Erfindung“ hervor. So sehen wir in der Formel des englischen Patentgesetzes:

1) „Invention means any new manufacture“ die zwei Erfordernisse betont: die „Neuheit“ und die „Künstlichkeit“. (Dabei meint das englische Gesetz unter „neu“ dasjenige, was vorher in England noch nicht patentirt war.)

Der Begriff der „Künstlichkeit“ ist am besten klargelegt in einer Entscheidung des deutschen Reichsgerichts (E. & P. in B. wider A. in B. 20. März 1889).**)

2) „Eine Entdeckung liegt dann vor, wenn eine neue Eigenschaft an einem vorhandenen Körper gefunden wird.

*) E. Hartig's „Studien i. d. Praxis des k. Patentamtes (1890) S. 127. Diese aus der Praxis des Patentwesens unmittelbar hervorgegangenen Studien sind bei der nachfolgenden Arbeit mehrfach benutzt worden.

**) Witt, „Chemische Homologie und Isomerie in ihrem Einflusse auf Erfindungen“ (1889) S. 85.

Sobald aber menschliche Thätigkeit angewendet wird, um vorhandene Körper zu bearbeiten und in Folge dieser menschlichen Arbeit ein Naturgesetz in die Erscheinung tritt, welches vor der Arbeit und ohne dieselbe sich nicht bethätigte, hat die Entdeckung die Bedeutung einer Erfindung. Der Mensch hat mit seiner Arbeit wissenschaftlich oder unwissenschaftlich, mit dieser Absicht oder ohne solche, der Natur die Bedingungen dargeboten, sich auf neue Weise zu bethätigen.“

Diese Erklärung des Begriffes „Entdeckung“ darf allerdings keine besonders glückliche genannt werden, denn nicht nur Eigenschaften werden entdeckt, sondern auch neue Körper. Wenn der Chemiker neue Elemente und chemische Individuen, wenn der Astronom neue Himmelskörper findet, so wird ja nie von Erfindung, sondern von Entdeckung gesprochen.

Dagegen ist hier sehr gut formulirt die Künstlichkeit, bezw. das Eingreifen des Menschen in die Natur, welches eben allgemein unter „Technik“ verstanden wird.

Dasselbe meint auch Kohler:*)

3) „Bei der Erfindung liegt eine Naturkräftekombination vor, bei welcher die Form nur das Substrat eines Kräftespieles ist.“

Und noch deutlicher:**)

4) „Das Wesen der Erfindung besteht in einer (neuen) technischen Kombination der Naturkräfte.“

Diese Deutung der Künstlichkeit hat einen besonderen Werth für die Erfindungen im Gebiete der Chemie; so sagt Witt:***)

5) „Der Erfindungsgedanke liegt somit in der Herbeiführung jener Verhältnisse, in der Vereinigung solcher Substanzen, aus welchen der gesuchte Körper hervorgeht, oder, mit anderen Worten, in dem zur Anwendung kommenden chemischen Verfahren. Dieser Logik hat sich das deutsche Patentgesetz nicht verschlossen: es anerkennt eine erfinderische Neuheit nur für chemische Verfahren, nicht aber für die durch dieselben hergestellten Substanzen.“

Es entspricht der umfassenden Bedeutung aller Wörter mit der Endung „ung“, die einen verbalen und substan-

*) Hartig a. a. O. S. 163.

**) Witt a. a. O. S. 23.

***) Witt a. a. O. S. 13.

tivischen Begriff zugleich umschliessen, dass in die letzte Redaktion des deutschen Patentgesetzes (1891, § 4) der Zusatz aufgenommen wurde: „Ist das Patent für ein Verfahren ertheilt, so erstreckt sich die Wirkung auch auf die durch das Verfahren unmittelbar hergestellten Erzeugnisse.“

Dagegen haben bekanntlich andere Patentgesetze sich auf das Stoffpatent beschränkt. Da aber weder das Eine noch das Andere jene Schwierigkeiten aufhebt, welche überhaupt der patentrechtlichen Behandlung der chemischen Erfindungen innewohnen, so hat das junge schweizerische Patentgesetz die chemischen Erfindungen einfach ausgeschlossen, was jedoch gewiss nicht als Ideal angesehen werden kann, denn die chemische Industrie bedarf des Erfindungsschutzes ebenso wie die mechanische. Die Schwierigkeiten des chemischen Patentschutzes erläutert Witt folgendermassen:*)

6) „Die Substanz als solche trägt den Stempel der Erfindung aber nicht an sich, wie es z. B. mit einer Maschine der Fall ist . . . Somit ist jede chemische Substanz gewissermassen durch die Gesetze der chemischen Affinität vorgesehen . . . Es ist also logisch eigentlich gar nicht möglich, eine Substanz zu erfinden, sondern nur, sie zu entdecken.“

Hier tritt uns der Gegensatz zwischen Erfindung und Entdeckung wieder entgegen, jedoch schwerlich dürfte man annehmen, dass auch dieser Ausspruch den Kern der Sache trifft: dann wäre Entdeckung nur dasjenige, was bei einem gegebenen Stande der Wissenschaft deduktiv vorausgesagt werden kann. Und was wären dann die genialen Umwälzungen der Wissenschaft durch Galilei, Newton, R. Mayer? Andererseits wäre die Entdeckung degradirt auf die einfache Konstruktion, worauf wir später kommen.

Der Ausspruch (6) trifft aber den Nagel auf den Kopf in der Hervorhebung des Unterschiedes zwischen dem sachlichen Ergebnisse der chemischen und der mechanischen Technik, d. i. chemischer Substanz und Maschine, beziehentlich mechanisch gestaltetem Erzeugniss. Maassgebend bleibt aber nicht so sehr das Endergebniss, als vielmehr das zur Herstellung desselben nöthige Verfahren. Darüber lesen wir in der obengenannten Entscheidung des deutschen Reichsgerichts folgendes:**)

7) „Die Frage, ob eine Erfindung vorliegt, ist im Wesentlichen für das Gebiet der chemischen Industrie nicht anders zu beantworten, als für das Gebiet der mechanischen Industrie.“ Und weiter:

8) „ . . . Zweifellos beruhte z. B. seiner Zeit die Einführung des eisernen Ladestockes in der preussischen Armee statt des hölzernen auf einem sehr glücklichen Erfindungsgedanken.“

„Auf dem Gebiete der mechanischen Industrie giebt es eine ganze Anzahl von Fällen, in denen es anzuerkennen ist, dass die Anwendung eines bekannten Verfahrens auf einen Fall, auf welchen dasselbe bis dahin nicht angewendet wurde, eine überraschende Erfindung darstellt, welche bedeutende technische Erfolge erzielt. Man darf also patentrechtlich nicht schlechthin und allgemein den

Satz aussprechen, dass ein Verfahren darum nicht neu sei, weil es bereits in Anwendung auf andere Fälle bekannt gewesen sei . . . Wenn aber der Chemiker durch Anwendung der Methode auf einen Fall, auf welchen sie noch nicht angewendet ist, neue Bahnen erschliesst, so hat er patentrechtlich ein neues Verfahren erfunden. So sicher es für die Chemiker vor dem Bötticher'schen Versuche sein mochte, dass man durch Kombination von Tetraze-diphenylsalzen mit α - und β -Naphthylamin oder deren Mono- und Disulfosäuren zur Darstellung von Azofarbstoffen gelangte, so wenig hatte man eine Ahnung davon, dass man auf diesem Wege das Kongoroth mit seinen für die Industrie so äusserst werthvollen Eigenschaften erzielen würde. Weil man dieses nicht wusste, war der von Bötticher eingeschlagene Weg in Beziehung auf das auf diesem Wege gefundene neue Ziel neu. Es war ein neues Verfahren erfunden.“

Die hervorragende Bedeutung des Verfahrens auch für die mechanische Industrie vertritt besonders consequent Hartig in seinem hier wiederholt zu nennenden Werke:*)

10) „Verfahren und Arbeitsmittel repräsentiren den von menschlicher Thätigkeit entstammenden Theil der Vorbedingungen technischen Schaffens, deren anderen Theil die vom menschlichen Willen unabhängigen Rohmaterialien und Naturkräfte ausmachen.

. . . Die Verfahrensweisen und Arbeitsprozesse, als in der Zeit verlaufend, sind das Bedeutungsvollere . . . ; sie nehmen in menschlichen Handlungen ihren Ausgang und umfassen zugleich das vom Menschen nur eingeleitete selbstthätige Wirken der Naturkräfte, den chemischen, den physikalischen und mechanischen Arbeitsprozess . . .

. . . Hieraus und aus den gesammten einschlägigen Verhandlungen (bei Ausarbeitung des deutschen Patentgesetzes) ergiebt sich, dass eben das Verfahren der Herstellung als ein über körperliche Dinge sich erhebendes, dem Denken im Menschengenisse analoges Geschehen in der Wirklichkeit als Erfindungsobjekt angesehen werden soll.“

Anderer Aeusserungen heben wieder die Neuheit und die schöpferische Thätigkeit in den Vordergrund. So Landgraf:**)

11) „Erfindung . . . ist das Hervorbringen dessen, was bisher noch nicht vorhanden war.“

Auch Witt:***)

12) „Denn gerade in der Herstellung des unerwarteten, in der Loslösung vom Banne des als gesetzmässig Auerkannten und Erlernten liegt eines der wichtigsten Kriterien der selbständigen Erfindung.“

Ebenso Hartig:†)

13) „Das Erfinden spottet aller Gesetzmässigkeit.“

Sodann Klostermann:††)

14) „Erfindung ist ein Geisteserzeugniss, welches entweder in einem neuen Gegenstand des Gebrauchs oder in einem neuen Hilfsmittel zur Herstellung von Gebrauchsgegenständen besteht.“

*) Hartig a. a. O. S. 137, 138, 162.

**) Hartig a. a. O. S. 49.

***) Witt a. a. O. S. 81.

†) Hartig a. a. O. S. 150.

††) Hartig a. a. O. S. 49.

*) Witt a. a. O. S. 13.

**) Witt a. a. O. S. 87.

Hieran reihen sich Formeln, die besonders die Nützlichkeit und gewerbliche Verwerthbarkeit in den Vordergrund stellen.

So sagt Knoop:*)

15) „Als Erfindungen sind anzusehen: gewerblich verwerthbare Erzeugnisse und Verfahren, durch welche eine neue technische Wirkung oder eine bekannte technische Wirkung auf neue Weise angestrebt wird.“

Und Kohler:**)

16) „Jede Erfindung ist eine geistige Schöpfung, sie ist die Erzeugung eines technischen Resultates durch die Hülfsmittel des menschlichen Geistes.“

Und Robolski:***)

17) „Zur Erfindung gehört die Darstellung eines neuen und eigenthümlichen Effektes durch die Verwerthung technischer Mittel.“

In der That erheben alle Patentgesetze neben der Forderung auf Neuheit auch diejenige auf gewerbliche Verwerthbarkeit, besonders in den Ländern, wo die Vorprüfung eingeführt ist. Dementsprechend wurde der Begriff „des technischen Effektes“ gebildet, welcher gerade die Eigenthümlichkeit einer technischen Einrichtung bezeichnet, welche irgend eine technische Aufgabe löst. Das wird in § 1 des deutschen Patentgesetzes formulirt:

18) „Patente werden ertheilt für neue Erfindungen, welche eine gewerbliche Verwerthung gestatten.“

In der Praxis der Vorprüfung bietet die Frage über die Verwerthbarkeit die grösste Schwierigkeit. Darüber sagt Witt:†)

19) „Zunächst ist die Frage nach der Grösse dieses technischen Effektes, nach dem Werth der Erfindung gänzlich ausser Acht zu lassen, denn dieser ist, wie ich mehrfach gezeigt habe, überhaupt nicht diskutirbar, am wenigsten in dem frühen Stadium, in welchem die Vorprüfung erfolgt. Der blosser Nachweis der gewerblichen Verwerthbarkeit einer Erfindung, ohne Rücksicht auf den Werth, muss neben der Neuheit derselben das einzige und ausschliessliche Kriterium ihrer Patentirbarkeit bleiben.“

Dass in jeder Erfindung deren technischer Effekt hervorzuheben ist, diese Meinung vertheidigt besonders Hartig zusammen mit der oben bezeichneten Formel 10. So lesen wir:††)

20) „Was würde nun näher liegen, als den Prozess der Werkerzeugung des als neu vorausgesetzten faktischen Zusammenspiels der Maschinenwerkzeuge mit den Werkstücken selbst zum Gegenstande des Rechtsschutzes zu machen?“

Auf diesem Boden stehend, giebt Hartig die am meisten umfassende Erklärung der Erfindung, allerdings ohne dieser Frage, wie er sagt, „eine erschöpfende Beantwortung zu unterziehen“:†††)

*) Witt a. a. O. S. 23.

**) Ebenda.

***) Robolski, „Das Patentgesetz vom 7. April“ 1891, (1893) S. 13.

†) Witt a. a. O. S. 92; vergleiche Robolski a. a. O. S. 14.

††) Hartig a. a. O. S. 160.

†††) Hartig a. a. O. S. 156, 49.

21) „Erfindung ist Lösung eines technischen Problems, die nach ihrem technologischen Begriff neu und nach Art ihrer Verwirklichung in mindestens einer Ausführungsform vollständig dargelegt ist.“

Damit ist uns die wichtige Frage gestellt: Was ist Ausführungsform einer Erfindung? Diese kann zweifach verstanden werden: entweder wird darunter ein Schema der Erfindung verstanden, wo nur alle wesentlichen Theile angegeben, oder auch die endgültige Konstruktion, welche die bis ins Einzelne gehende Ausarbeitung der Erfindung darstellt, als welche sie in die Wirklichkeit tritt. Diese zwei Abschnitte der werdenden Erfindung sind aber wesentlich verschieden von einander, und dieser Unterschied soll bald hervorgehoben werden.

Vor Allen soll aber klargestellt werden, dass die Konstruktion an und für sich betrachtet, keine Erfindung ist.

Kohler sagt:**)

22) „Die Erfindung . . . ist keine Kombination von räumlichen Formen und Figurationen.“

Und Hartig:***)

23) „Quantitative Bestimmungen vermögen die Patentfähigkeit eines Gegenstandes nicht zu begründen; blosser Rezepte sind nicht patentfähige Erfindungen.“

Hier streifen wir schon das Gebiet der Chemie, wo wir ebenfalls den Begriff Konstruktion = Rezept wiederfinden. So sagt Witt:*)

24) „Im Gegensatz zur Erfindung steht die Konstruktion. Die letztere ist (Kohler, S. 29) lediglich das Erzeugniss technischer Geschicklichkeit. Sie ist nur die gewandte Benutzung bekannter Mittel zur Erreichung eines bekannten Zweckes, auch dann, wenn zu diesem Zwecke diese Mittel bisher nicht benutzt wurden.“

25) „Die Einfügung eines Aequivalentes für ein anderes in einem bekannten Verfahren ist eine Konstruktion und keine Erfindung. Sie kann auf dem Papier ausgeführt werden und bedarf des Experimentes bloss insofern dasselbe eine Probe auf das angestellte Rechenexempel ist.“

26) „Bei der Gesetzmässigkeit, welche diese homologen und isomeren Reihen beherrscht, bietet sich ein unabschbares Gebiet für den chemischen Konstrukteur, nicht selten zum Schaden und Nachtheil des chemischen Erfinders.“

Hier betreten wir abermals ein breites Feld: die Lehre von der Aequivalirung. Nur in der Chemie ist sie vollständig ausgearbeitet und allgemein erkannt, in der mechanischen Technik nur gelegentlich verwendet. Dagegen im Patentrechte, wo diese Frage — als Nothbehelf für Alle, die nicht gewöhnt sind, die logische Tragweite, den Umfang eines richtig definirten Begriffs vollständig auszudenken — eine ebenso grosse Bedeutung hat, steht sie noch offen.

So sagt Witt:*)

27) „Die Frage nach der Berechtigung des Ersatzes der in einem bekannten Verfahren verwendeten Materialien

*) Hartig a. a. O. S. 163.

**) Hartig a. a. O. S. 188.

***) Witt a. a. O. S. 24, 27, 28.

†) Witt a. a. O. S. 54.

durch analog oder gleich zusammengesetzte Substanzen ordnet sich ein in die weitergreifende Frage, in wie weit dem ersten Erfinder eines patentirten Verfahrens ein Recht zusteht, Andere von dem Ersatz der in dem Patente genannten Materialien und Arbeitsbedingungen durch gleich- oder ähnlich wirkende Agentien und Operationen auszuschliessen.“

Und Hartig:*)

28) „Ja auch Gestaltsveränderungen der einzelnen Bestandtheile, Substitution einzelner Mechanismen durch andere in der Technik bekannte Getriebe (der sogenannten Aequivalente in der Sprache des amerikanischen Patentwesens) würde uns noch nicht ausserhalb der gerechter Weise zu ziehenden Grenzen des Erfindungseigenthums versetzen.“

Hier sehen wir allerdings nichts mehr von der Schärfe der Umgrenzung des Begriffes der chemischen Aequivalirung. Besonders tritt diese Unbestimmtheit hervor in der Zusammenstellung folgender Aeusserungen: von Kohler:**)

28) „Eine Aequivalirung liegt überall da vor, wo die Wirkung eines Operativs eine technische Kraftäusserung darstellt, welche dieselbe ist, wie bei einem anderen Operativ. Die Identität der Kraftäusserung liegt aber da vor, wo eine Kraftäusserung dasselbe letzte technische Problem löst, wie eine andere.“***)

Und Hartig:†)

30) „Einem Programme können viele Erfindungen als Lösungen der gestellten Aufgabe entsprechen, jede Erfindung kann aber wiederum durch viele Ausführungsformen in die Welt der Erscheinung treten.“

Wir sehen, dass hier eine Zweideutigkeit entsteht aus der verschiedenen Auffassung des Begriffes „Lösung einer technischen Aufgabe“, wobei Hartig in „einer“ Erfindung die Lösung „einer“ Aufgabe sieht, welche Ansicht er in seinem Werke konsequent durchführt, wogegen Kohler offenbar von Theilaufgaben spricht; nur bedienen sich Beide desselben Ausdruckes. Diesen Punkt werden wir weiter unten berühren.

Ich glaube, man könnte folgendermassen den Begriff der „Konstruktion“ als Gegensatz der „Erfindung“ und den Begriff des „Aequivalentes“ bestimmen:

31) „Was die Wissenschaft insofern gesetzmässig zusammengereicht hat, dass man durch Ausrechnen, Formelschreiben und Zeichnen auf dem Papier (ohne Versuche) richtig voraussagen kann, giebt eine Konstruktion. Falls aber das Experiment diese Vorausbestimmungen umstösst und ein unerwartetes Ergebniss giebt, liegt eine Erfindung oder Entdeckung vor.“

32) Aequivalent in Erfindungssachen hat einen dop-

*) Hartig a. a. O. 158.

**) Witt a. a. O. S. 26.

***) Der Vollständigkeit wegen lassen wir hier die Definition der chemischen Aequivalirung folgen (Witt a. a. O. S. 25): „Chemisch ist jeder Körper einem anderen äquivalent, wenn er, im Gewichtsverhältnisse der Molekulargewichte für einen anderen in eine Reaktion eingesetzt, ein analoges, d. h. der gleichen Körperklasse angehöriges Produkt erzeugt, wobei die Mengen der erzeugten Produkte wiederum im Verhältniss ihrer Molekulargewichte stehen müssen.“

†) Hartig a. a. O. S. 199.

pelten Sinn: einen technologischen (dasselbe technologische Problem lösende verschiedene Erfindungen) und einen patentrechtlichen (gleich wirkende konstruktive Theile einer Erfindung).

H. Meidinger, der Erfinder einer oft verwendeten galvanischen Batterie, eines Heizofens und anderer nützlicher Sachen, hebt in der Erfindung die Neuheit, die Lösung eines technischen Problems (Themas) und das schöpferische Element hervor. Er sagt:*)

33) „Eine Erfindung ist etwas, was in der Art der Wirkung, der praktisch verwertbaren Eigenschaften zuvor noch nicht da war. Das Thema muss vor Allem gefunden werden, das Vielwissen befähigt hierzu noch nicht.“

Wir lassen somit den Begriff „Erfindung“ noch in ziemlicher Unbestimmtheit: denselben näher zu umgrenzen ist ja das Ziel dieser Arbeit. Hier soll nur Folgendes gesagt werden: in den angeführten Formulierungen sehen wir eine ungenügende Unterscheidung zweier Fragen „Was ist eine Erfindung?“ und „In welchem Stadium ist eine Erfindung patentirbar?“ Diese Fragen decken sich nicht und wollen jede für sich beantwortet werden.

Typischer Verlauf der Erfindung. Der Dreiakt.

Zur Beantwortung der oben gestellten Fragen wenden wir uns nun zu dem typischen Verlauf der Erfindung. Schon Hartig (S. 131 seines wiederholt genannten Werkes) hat den Versuch zur Erklärung desselben gemacht und unterscheidet im Entwicklungsgange der Erfindung zwei Stadien: das Stadium des technischen Problems“ und dasjenige der „Ideen, Projekte und Versuche“. Will man aber bis zur sachlichen Ausführung der Erfindung vordringen, so muss man noch das dritte Stadium der „Konstruktion“ zu jenen zwei hinzufügen. Dieser Eintheilung entspricht auch Hartig's dreifache Betrachtungsweise der Maschine: die technologische, die kinematische und die formalkonstruktive (S. 56). Darauf habe ich bereits hingewiesen in meinem Artikel „Ueber das Entwerfen der Maschinen“ („Civilingenieur“ 1893, S. 353), wo die drei Stadien eingehend betrachtet wurden, welche die Erfindung der Maschine zu durchlaufen hat. Da wurde das Feld so viel wie möglich eng begrenzt, damit das Bild um so klarer hervortrete. Werthvolle Anerkennungen, die mir anlässlich jener Arbeit zu Theil wurden,**) ermuntern mich nun, jenem Gedankengange seine wahren Grenzen zu bezeichnen, denn er bezieht sich nicht nur auf Maschinen, sondern er giebt den typischen Entwicklungsgang aller Erfindung überhaupt wieder. Selbstverständlich werden aber hier Wiederholungen vermieden, so dass ich den geneigten Leser zugleich auch auf jene Arbeit zurückweise, welche die Maschinen-Frage von verschiedenen Seiten behandelt.

Der erste (schöpferische) Akt des Erfindens.

In der Regel stellt sich der Erfinder vor Allem eine technische Aufgabe (s. Ausspruch 33). „In der Regel“

*) Dr. H. Meidinger: „Vom Erfinden“ (1892) S. 24.

**) Ebenso wie auch anlässlich des russischen Originals jener Schrift, welches zu dem Kongress für technischen Unterricht in Russland vorbereitet war, der Ende 1889 in St. Petersburg stattfand.

sagen wir, jedoch nicht immer, darum, weil ja auch bedeutende Erfindungen gemacht worden sind ohne vorherige bewusste Aufstellung der Aufgabe, was besonders von den chemischen Erfindungen gesagt werden kann. So entstand das Schiesspulver, das Porzellan, das Sacharin u. A. Für den Begriff „Erfindung“ ist somit unwesentlich der Umstand, ob der Erfinder auf ein bestimmtes Resultat zielend oder zufällig ein Werk hervorbringt, welchem ein gewisser technischer Effekt eigen ist (siehe Aussprüche 2 und 33). Wohl aber ist letzterer (der technische Effekt) unumgänglich nothwendig, damit das Werk technische Erfindung genannt werden dürfte. Der technische Effekt einer Erfindung besteht darin, dass sie irgend einen Vortheil erzielt oder einen Nachtheil beseitigt.

In welcher Weise eine erkannte Aufgabe technisch zu lösen sei, darüber lassen sich absolut keine Regeln aufstellen. Das ist Sache des erfinderischen Geistes, das ist ein Errathen, ein Sprung der Phantasie über eine logische Kluft (siehe oben Aussprüche 12, 13, 14, 16 und 33). Bezugnehmend auf meinen oben genannten Artikel, fange ich hier mit der Annahme an, dieser Sprung sei vollbracht. Praktisch heisst es: der Erfinder hat eine Vermuthung, dass er auf eine bestimmte Art und Weise einen gewissen technischen Effekt erzielen kann.*) Das ist nur noch eine Absicht, eine Idee, höchstens ein ganz allgemeiner Plan, was in der Kunst der Intention und in der Wissenschaft der Hypothese entspricht.

Der schöpferische Phantasie-Sprung bringt den Menschen allenfalls nur in das Reich des Möglichen, aber noch nicht in das des praktisch Sicherem. Vorläufig hat der Erfinder noch nichts Anderes zu thun, als sich selbst gegenüber seine Idee, seine Absicht so viel wie möglich aufzuklären.

Der unerfahrene Erfinder glaubt zuweilen: ich habe eine neue Idee, das ist die Hauptsache, das Uebrige kommt von selbst. Vor diesem Fehler kann nicht genug gewarnt werden! Denn der erste Akt des Erfindens, der mit der Aufklärung der Idee endigt, geht noch nicht über das Mögliche und Fragliche, dessen Beweis noch aussteht, hinaus.

Der zweite (wissenschaftliche) Akt des Erfindens.

Jetzt soll die Idee faktisch nachgeprüft, die Möglichkeit bewiesen, die Absicht in Erfüllung gebracht werden. Hier kann man nur auf dem Boden gründlicher Fachkenntnisse zum gewünschten Ziele gelangen. Nur wer dasjenige weiss, was in der betreffenden Spezialität bereits bekannt, und wer der Methoden mächtig ist, um auf sicheren Pfaden zur Verkörperung seiner Idee zu gelangen, kommt zum Resultate, d. h. kann wirklich eine Erfindung vollständig zu Stande bringen. Ist der erste Akt Sache des erfinderischen Talenten und der Phantasie, so braucht der

*) „Ich habe ein neues Wild auf dem Korn,“ schrieb Watt an Boulton 1784, vor Erfindung seiner Gelenk-Geradföhrung. „Ich habe den Schimmer von einer Methode, nach welcher eine Kolbenstange veranlasst werden kann, senkrecht auf und nieder zu gehen, indem man sie bloss an einem Stöcke Eisen am Balancier befestigt, ohne Ketten, ohne senkrechte Schienen, oder lästige Reibungen, Bogenköpfe oder andere schwerfällige Stöcke ...“ (Nach Reuleaux, „Theoretische Kinematik“, 1875, S. 7.)

zweite das Tageslicht der vollen Nüchternheit und des streng logischen und fachwissenschaftlichen Denkens. Jetzt schlägt der Erfinder allerhand spezielle Bücher auf und geht in verschiedene Werkstätten und Laboratorien. Je abweichender die Idee von dem ist, was bereits besteht, desto selbständiger und umfassender müssen Versuche angestellt und die Rechenmethoden angewandt werden, denn jetzt gilt es, die Ingredienzien der Erfindung, überhaupt alles dasjenige, was zur Erzielung des technischen Effektes unumgänglich nothwendig ist, mit Maass und Wage und in der entsprechenden Zeitfolge zu bestimmen. Somit wird die Erfindung in ihren wesentlichen Zügen bestimmt. Von einer Maschine oder sonstigen körperlichen Vorrichtung entsteht ein Schema, oft wird auch ein Modell ausgeführt, bei dem es nicht auf die wirklich zu verwendenden Stoffe, auch nicht auf die endgültigen Einzelformen, sondern auf die Anordnung und das Zusammenwirken der wesentlichen Theile ankommt. Betrifft die Erfindung ein Arbeitsverfahren, so werden die Aufeinanderfolge der Manipulationen und die für dieselben nöthigen Bedingungen auch nur in wesentlichen Zügen festgestellt, und es entsteht ein ausführlicher Plan des Verfahrens.

Somit ist die Erfindung eindeutig definiert und kann jetzt in der Weise beschrieben werden, dass die sachliche Ausführung derselben von einem Sachverständigen ohne weitere erfinderische, vielmehr lediglich durch konstruktive Gewandtheit erfolgen kann.

Es bedarf kaum der Bemerkung, dass manchmal die erste Idee durch die Versuche umgestossen wird; oft wird sie nicht unbeträchtlich umgeändert, und nur höchst selten wirklich in derselben Form und in demselben Umfange zu Stande gebracht, wie sie der erste Akt anfangs ergab. Das ist einer der Gründe, warum die blossen Ideen nicht unter Patentschutz gestellt werden kann.

Der dritte (konstruktiv-ausführende) Akt des Erfindens.

War der erste Akt Sache der schöpferischen Phantasie, der zweite Sache des faktischen Wissens, so fällt der dritte in den Bereich des Könnens, der Geschicklichkeit, der empirischen Maassregeln, der Routine und des Gewerbes, der handwerksmässigen Gepflogenheiten. Nach dem Schema oder nach dem ausführlichen Plan wird ein Entwurf gemacht. Das ist Sache des Konstrukteurs. (Ueber den Unterschied der Konstruktion und der erfinderischen Thätigkeit siehe oben die Aussprüche 22—32.)

In meinem oben erwähnten Artikel ist ausführlich auseinander gesetzt worden, wie kompliziert der dritte Akt immer sein würde, da eben hier die zahllosen rein praktischen Anforderungen zu berücksichtigen sind, welche die wirkliche Benutzung der Erfindung aufstellen wird und die der praktische Konstrukteur alle kennen soll, und wie einfach und leicht umgekehrt die sichere Ausführung dieses Aktes durch die Arbeiten unserer Vorgänger gemacht worden ist. Dieses gilt von den zwei Hälften des dritten Aktes: der konstruktiven Ausarbeitung aller Details zum Entwurf und der gewerblichen Ausführung des Entwurfs zur körperlichen Sache.

Gattungen der Erfindungen.

Bei der unendlichen Mannigfaltigkeit dessen, was der Mensch als seinen Vortheil erkennt, kann man nur schwer eine sachgemässe Eintheilung der Erfindungen aufstellen, denn die Arten der Erfindungen sind eben ineinanderlaufend wie deren technische Effekte. Dieser Umstand erklärt, warum wir auch in den verschiedenen Patentgesetzen nur wenig stichhaltige Klassifikationen der Erfindungsgattungen finden, wobei zugleich auch noch keine Rede von Uebereinstimmung sein kann, was heutzutage um so befremdlicher erscheinen dürfte, als ja die Technik in allen Ländern ihren internationalen Charakter einheitlich beibehält, unabhängig von Allem, was auf geschichtlichem Boden aufgewachsen, die Eigenthümlichkeiten der Völker und ihrer Lebensweise ausmacht.

Will man von allem Zufälligen und Nebensächlichen absehen, so lassen sich nur drei scharf unterscheidbare Erfindungsarten feststellen:

- 1) das in der Zeit verlaufende Verfahren, wo die einzelnen Manipulationen theils chemische, theils mechanische sind, meistens zugleich diese und jene;
- 2) die zur Ausführung dieses Verfahrens geeignete Einrichtung (Werkzeug, Geräth, Maschine);
- 3) das räumlich bestandfähige stoffliche Erzeugniss, d. h. eine Kombination von chemischen oder mechanischen Ingredienzien.

Dabei kann das neue Produkt entweder mittelst eines neuen Verfahrens, oder mittelst eines bekannten hergestellt werden (siehe Aussprüche 8 und 9). Ebenfalls kann ein neues Verfahren ein bereits bekanntes Produkt erzielen. Ausserdem wird ein Verfahren auch dann als neu betrachtet, wenn nur dessen unentbehrliche körperliche Hilfsmittel neu sind, was offenbar wieder mit der Art 2 zusammenfällt. Wenn an einem sachlichen Produkte nur theilweise Veränderungen (Verbesserungen) angebracht werden, so haben wir die Art 3.

Alle diese Unterschiede üben keinen Einfluss auf den Gang der Ausarbeitung der Erfindung. Dieser hat immer den oben dargelegten Dreiakt zu durchlaufen. Nur treten in diesem Gange insofern Modifikationen ein, als die einzelnen Akte zuweilen miteinander verschmelzen, wobei Verkürzungen in der Ausarbeitung eintreten. Diese Verkürzungen führen rascher zum Ziele und insofern sind sie natürlich jedem Erfinder willkommen, jedoch nicht immer erreichbar, da deren Möglichkeit offenbar ebenso von dem Grade der Neuheit und Komplizirtheit der Erfindung, wie von der Begabtheit und technischen Ausbildung des Erfinders abhängt. Näheres darüber in meinem mehrfach erwähnten Artikel.

Noch eine Bemerkung drängt sich auf: ein technisches Problem kann auf verschiedene Art und Weise gelöst werden. Weiter unten folgen Beispiele. Somit sind verschiedene Erfindungen technologisch mehr oder weniger äquivalent (siehe Aussprüche 30 und 32), d. h. verschiedene Erfindungen haben gleichen (oder beinahe gleichen) technologischen Effekt. Es kommt ja auch gar nicht selten vor, dass eine Entdeckung oder Erfindung von verschiedenen Menschen zu gleicher Zeit gemacht wird. Hier sehen wir aber, dass

sich die Gleichheit meistens nur auf die Idee (1. Akt) erstreckt. In der weiteren Ausarbeitung treten aber Verschiedenheiten auf. Wir begegnen somit der Thatsache der Verzweigung der Dreiakte. Einer Idee der Erfindung entsprechen verschiedene Schemata, einem Schema verschiedene Konstruktionen.

So sehen wir an jeder in der Praxis angewendeten Vorrichtung, an jedem Verfahren, dass diese ihre gegenwärtige Form nur durch eine lange Reihe von Verbesserungen erhalten, somit eine faktische Evolution durchlaufen haben. Diese Evolution sehen wir hier an als eine Aufeinanderfolge der Dreiakte, die theils von denselben, theils von verschiedenen, oft sehr vielen Menschen verrichtet waren. Dieser Punkt, in Anwendung auf Maschinen, ist auch in meinem mehrfach genannten Artikel näher besprochen.

Beispiele.

Bessemer-Verfahren. Henry Bessemer stellte sich die Aufgabe, geschmolzenes Roheisen direkt zu entkohlen, woraus die Absicht (Idee) entstand, die Entkohlung durch direktes Hineinblasen von Luft zu erzielen (1. Akt). Damit war aber noch keineswegs seine Erfindung gemacht, denn nur die experimentelle Erforschung konnte entscheiden, ob die Luft den Kohlenstoff entsprechend energischer als das Eisen oxydiren würde? Ob die Luft nicht vorher vorgewärmt werden sollte? In welcher Weise die Kontrolle über das Verfahren zu bewerkstelligen sei? Der zweite Akt hat alle diese und andere Fragen in der allgemein bekannten Weise gelöst und somit kam die epochemachende Erfindung zu Stande. Dem allgemein bekannten Schema des Verfahrens entsprechen die zahllosen wirklichen Ausführungen (die 3. Akte) des Verfahrens, wie man sie in der Industrie vorfindet.

Luftschiffahrt. Der Aufgabe „in die Luft zu steigen“ entsprechen hauptsächlich drei Ideen: a) Steigen vermittelt erwärmter Luft, b) vermittelt Gas, welches leichter als die Luft ist, und c) vermittelt mechanischer Fliegervorrichtungen. Diese drei Ideen bilden die ersten Akte, die sich aber zu noch zahlreicheren zweiten und dritten Akten verzweigen, was besonders von der mechanischen Idee bekannt ist, der die Aéroplanen, die Ortopteren, die Flügelräder und die Helikopteren, auch der Reaktionsflug entsprechen sollen.

Die Aufgabe „in schwimmendem Gebirge Schächte abzuteufen“ führte mindestens zu zwei Ideen: die von Poetsch (D. R. P. Nr. 25015), im Gebirge rings um den zu führenden Schacht eine Eiswand zu bilden und die von Wagner (D. R. P. Nr. 34942), eine Betonmauer herzustellen. Das geniale Poetsch'sche Verfahren verzweigt sich im zweiten Akte in seine verschiedenen Abänderungen, entsprechend der Anwendung des Verfahrens zum Vortreiben von Tunnels oder Strecken, zum Fundiren von Pfeilern in stehendem Wasser u. s. w. und ausserdem ist in jedem einzelnen wirklichen Falle die konstruktive Ausführungsform verschieden (3. Akt).

Gasglühlicht. Schon die Arbeiten Saint Claire Deville's haben erwiesen, dass die Leuchtkraft einer Gasflamme von zwei Umständen abhängt: der Höhe der Tempe-

ratur und dem Vorhandensein frei schwebender fester Theilchen in der Flamme. Somit war der erste Akt schon seit Jahren das Gemeingut der Menschheit. Das war eine Entdeckung. Von dieser ausgehend, hat Auer eine hervorragende Erfindung gemacht, indem er zu diesem ersten Akte den zweiten und dritten beizubringen wusste: experimentell hat er unschmelzbare Zirkonsalze aufgefunden und dieselben über einen Bunsenbrenner in der bekannten zusammenhängenden Netzform angebracht und somit den Herren Gasfabrikanten eine nie erhoffte Unterstützung in dem Kampfe gegen das elektrische Licht geschaffen.

Maschinen überhaupt sind eingehend im Artikel „über das Entwerfen der Maschinen“ betrachtet worden.

Wasserheben. Dieser Aufgabe entsprechen fünf Ideen (1. Akte): a) Heben vermittelt direkten Schöpfens, b) vermittelt Kolbenbewegung, c) vermittelt Zentrifugalkraft und d) vermittelt der Trägheit des fließenden Wassers selbst (hydr. Widder), e) vermittelt direkten Dampfdrucks (Pulsometer). Die zweite Idee allein hat sich schon mehrfach verzweigt. Das einfachste Schema (2. Akt), welches ihr entspricht, ist die uralte, einfach wirkende Pumpe mit zwei Ventilen, von denen eines am Saugerohr, das andere am Druckrohr angebracht ist. Eine Abänderung (ein anderes Schema) entsteht schon, wenn das eine Ventil in den Kolben versetzt ist. Sodann: die einfache Verdoppelung giebt das Schema der Feuerspritze; die Verdoppelung mit Verschmelzung beider Cylinder in einen mit Stopfbüchse giebt das Schema aller doppeltwirkenden Pumpen. Ausserdem wurde noch der Kolben als langer massiver Cylinder geformt und die Packung an den Rand des Stiefels versetzt und endlich die Packung vermittelt einer am Stiefelrand und Kolben befestigten Membran geformt. Es ist kaum noch der Erwähnung werth, dass jedes dieser Schemata, Erzeugnisse des zweiten Aktes, zu sehr verschiedenen dritten Akten geführt hat, als zahllose Konstruktionen in Erscheinung tretend.

Congoroth. Die als Farbstoffe so werthvollen Benzolderivate waren bereits bekannt. Man wusste ferner, dass die Tetrazodiphenylsalze mit α - oder β -Naphthylamin, auch mit deren Sulfosäuren die Azofarben geben, welche die Wolle und die Seide ohne Beize, Baumwolle jedoch mit Beize färbten. Die Aufgabe verfolgend, Baumwolle ohne Beize mit derartigen Stoffen zu färben, veranlasste Bötticher (1. Akt), die Azoverbindungen weiter zu untersuchen. Diese Forschung führte ihn zur Entdeckung jener Verbindung, welche den industriellen Namen „Congoroth“ führt. Diese Entdeckung war zugleich Erfindung, weil sie seine technische Aufgabe löste (2. Akt). Seither bleibt noch ein Feld für den chemischen Konstrukteur übrig (3. Akt), da die Auswechslung einiger Ingredienzien durch ihre Homologen und Isomeren den technischen Effekt (Färben der Baumwolle ohne Beize in roth) nicht beeinflussen. Diese Aenderungen bedingen jedoch nicht mehr neue Erfindungen, keine neuen Farbstoffe.

Zerealien-Entschälen. Eine der diesbezüglichen Ideen lautet nach D. R. P. Nr. 20852: „Das Verfahren, Zerealien dadurch zu entschälen, dass man dieselben mit pulverartigen oder körnigen, harten Substanzen vermischt und einer anhaltenden Durcharbeitung oder Bewegung unterwirft.“ Diesem ersten Akte entspricht sodann ein zweiter,

der die allgemeine Anordnung der Theile und die Aufeinanderfolge der Manipulationen angiebt. Später finden wir aber eine Vervollkommnung derselben Idee: es stellte sich nämlich der Nachtheil heraus, dass der dem Getreide beigemischte Sand sehr schwer wieder zu entfernen war. Diesen Uebelstand zu beseitigen, war eine technische Aufgabe für sich, deren Lösung sich in einem selbständigen Dreiakt entfaltete. Jedoch verhält sich die neue Erfindung zu der früheren lediglich wie zwei verschiedene zweite Akte zu einem ersten. (Dieses Verhältniss macht sich besonders geltend in patentrechtlicher Beziehung, wovon später.) So entstand folgendes Verfahren (D. R. P. Nr. 50584): „Verfahren zum Entschälen von Zerealien in der Weise, dass letztere mit magnetischen Spänen gemischt und durcharbeitet werden, worauf die Späne aus dem Gemisch durch Magnetismus ausgezogen werden.“*)

Mannesmann-Röhren. Formulirt man die Idee dieses Verfahrens als: „Herstellung von Röhren aus massiven Stäben durch schraubenförmiges Walzen,“ so wird sofort klar, dass die Gebrüder Mannesmann solch eine sonderbare Idee nicht im Lehnstuhle sitzend empfangen haben konnten, dass sie vielmehr nur in der Werkstatt ein scharfer, kritischer Blick finden konnte (1. Akt), durch Zufall geleitet. (Das Element des Zufalls spielt bei jeder Erfindung immer eine und dieselbe Rolle, nämlich er bringt einen schöpferischen Geist zusammen mit einer entsprechenden Naturerscheinung.) Jene Idee wurde ausgearbeitet (2. und 3. Akt), und zwar, wie man jetzt allgemein weiss, durch mehrjährige sorgfältige fabrikmässige Versuche, welche ein ganzes Vermögen gekostet haben. Das Verfahren selbst ist zu sehr bekannt, als dass hier näher darauf eingegangen werden sollte. Auch würden wir hier nichts anderes als einen Dreiakt entdecken können, wie sich Jeder leicht überzeugen kann.

Stearinkerzen. „Goethe hielt es der Mühe werth, in der Zeit der Talglichter den Vers niederzuschreiben:

„Wüsste nicht, was sie Bessers erfinden könnten
Als wenn die Lichter ohne Putzen brennten.“

„Er formulirte damit ein technisches Problem, dessen Lösung nun seit 60 Jahren in den de Milly'schen Stearinkerzen vorliegt.“**) Die Eigenthümlichkeiten der Stearinsäure als Brennmaterial lassen die Anwendung eines dünnen, baumwollenen, dicht geflochtenen, mit Borsäure getränkten Dochtes zu, welcher sich beim Brennen krümmt und dadurch von selbst abbrennt. Die Erzielung dieses Resultates verräth aber unzweifelhaft eine lange Reihe eingehender Laboratorium-Versuche (1. und 2. Akt).

Zündspänchen. D. R. P. Nr. 68957. Die schwedischen Zündhölzer bestanden schon. Da wurde ein neuer technischer Effekt dadurch erzielt, dass man statt Holz — Holzstoff-Pappe für die Verfertigung des Zündkörpers verwendete. Erstens wird dadurch die Möglichkeit erschlossen, Zündzeug aus niederen Holzsorten zu fertigen, zweitens ist das Tragen in der Tasche erleichtert. Hier liegt offenbar der Schwerpunkt der ganzen Erfindung gleich im ersten Akte,

*) W. Stercken, „Erlangung und Sicherung eines deutschen Patentes“ (1892) S. 41.

**) Hartig a. a. O. S. 131.

d. h. in der Idee selbst der Anwendung von Pappe statt Holz, denn die Möglichkeit dieser Anwendung war keinem Zweifel unterworfen.

Die durchlöchernte Zündholzschachtel, die ich neulich in Oesterreich sah, reiht sich sehr gut an die vorige Erfindung: eine Schachtel für gewöhnliche schwedische Zündhölzer, welche seitwärts ein Loch von etwa 1 cm Durchmesser trägt; durch dasselbe steckt man das anbrennende Hölzchen und erhält somit einen vom Wind geschützten Raum. Hier ebenfalls brauchte der Erfinder nur den ersten Akt vollbracht, d. h. nur die Idee empfangen zu haben, die übrigen Akte, d. h. die Verwirklichung der Idee und somit der ganzen Erfindung boten keine Schwierigkeiten mehr.

Spinnrad. Das technische Problem lautet so:*) „Es soll aus einem Vorrath gereinigter lockerer Fasern (gehechelter Flachs, gekämmte Schafwolle, kardirte Baumwolle) ein gleichmässig starker Faden in solcher Art hergestellt

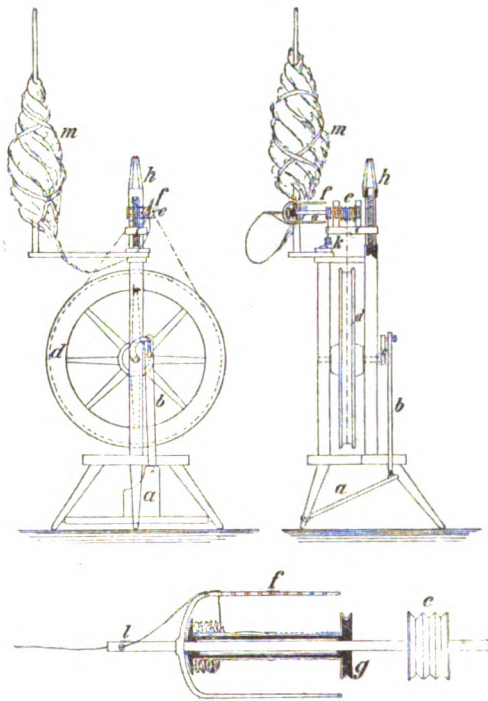


Fig. 1—3.

werden, dass das Spinnen (Ausziehen der Fasern und Zusammendrehen derselben) und die geordnete Aufwindung des Gespinnstes auf eine Spule gleichzeitig von der Spinnerin erfolgt; in diesem „gleichzeitig“ unterscheidet sich der Arbeitsprozess des Spinnrades von dem der Handspindel, bei welcher abwechselnd gesponnen und aufgewunden wird.“ Dieser Aufgabe entspricht folgende Idee: das Ziehen der

*) Die Formulierung des Problems und die äussere Ansicht des Spinnrades entnehme ich dem Werke Hartig's (S. 71 u. 72). Der technische Leser wolle mir die Besprechung der drei Typen der Hand-Spinnräder gestatten, sei es auch nur aus dem Grunde, dass diese so sinnreiche und sympathische Maschine im Absterben begriffen ist.

Fasern soll mit der Hand, das Drehen der Maschine mit dem Fuss verrichtet werden; das gleichzeitige Drehen und Aufwickeln des Fadens soll in der Weise zu Stande kommen (siehe Fig. 3), dass die Spule (g) und der auf derselben Spindel sitzende, den Faden leitende Flügel (f) verschiedene Winkelgeschwindigkeit besitzen (1. Akt). Diese Idee habe ich in drei Typen (2. Akt) verwirklicht gefunden in Russland, Deutschland und Böhmen (letzteren Typus habe ich

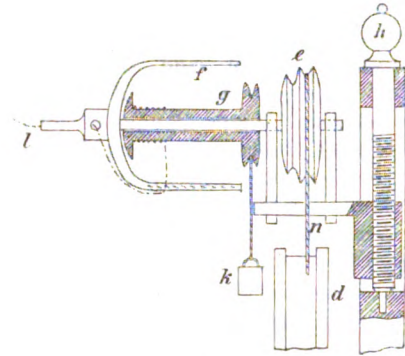


Fig. 4.

auch in Frankreich gesehen), wonach ich sie hier als russisches, deutsches und böhmisches Spinnrad bezeichnen will. Der allen drei gemeinschaftliche Habitus (Fig. 1 und 2) ist zu allgemein bekannt, um näher besprochen zu werden. Nicht so das eigentliche Werkzeug der Maschine. In allen drei Typen (Fig. 4, 5 und 6) sitzt auf der Spindel (l) die Spule (g) lose und der Flügel (f) fest. In der Herstellung der verschiedenen Drehgeschwindigkeit der Spule und des

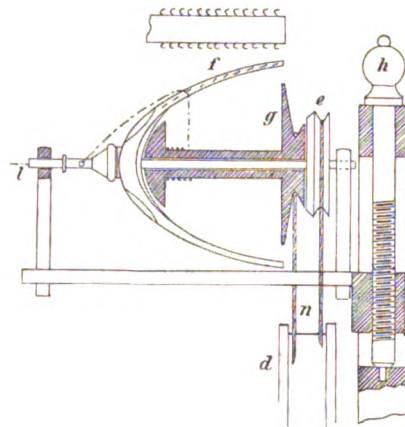


Fig. 5.

Flügels liegt der Unterschied. Im deutschen Spinnrade (Fig. 4) wird die Spule durch eine Schnur mit Gewicht (k) gebremst, der Flügel aber vom Schwungrade (d) gedreht mittelst Schnur (n) und einem fest auf der Spindel sitzenden Wirtel (e). Die Drehdifferenz wird durch verschiedene Durchmesser des Wirtels (e) und Veränderung der Gewichte (k) reguliert. Im russischen Spinnrade (Fig. 5) wird auch auf die Spindel (l) fest ein Wirtel (e) aufgesetzt. Dieser

und der Wirtel der Spule (*g*) sind aber von verschiedenem Durchmesser und um beide wird eine Schnur (*v*) umgewunden, die somit das Rad (*d*) zweimal umschlingt. Die Regulierung der Drehdifferenz erfolgt einfach durch verschiedenes Anspannen der Schnur (*v*) vermittelt der Schraube (*h*), wodurch die Schnur auf den zwei Wirteln (*e*) und (*g*) verschieden stark gleitet. Das böhmische Spinnrad

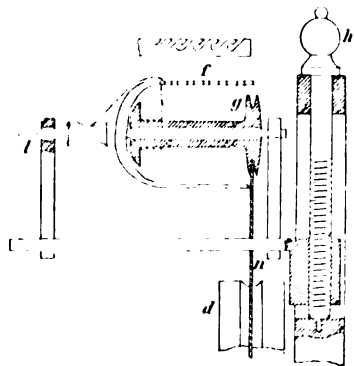


Fig. 6.

(Fig. 6) ist das einfachste: die Spule (*g*) allein wird vom Schwungrade angetrieben, der Flügel (*f*) dagegen nur vermittelt des Fadens selbst nachgezogen. Die Regulierung geschieht einfach durch die grössere oder geringere Bremsung des entstehenden Fadens zwischen den Fingern.

Ebenso wie das böhmische Spinnrad, ist auch dasjenige mechanisch beschaffen, welches ich in Frankreich gesehen habe. Das Aussehen, der äusserliche Habitus ist allerdings verschieden, weil die arbeitenden Theile nicht in vertikaler, sondern in horizontaler Richtung aneinandergereiht sind. Darin liegt der ganze Unterschied. Dieser erstreckt sich also nur auf die konstruktive Gestaltung (3. Akt).

Allgemeines. Es sind hier absichtlich nur ganz allgemein bekannte Erfindungen als Beispiele vorgeführt, jedoch aus sehr verschiedenen technischen Zweigen, damit der Leser am leichtesten sich ein selbständiges Urtheil bilden könne, auf welche Art und Weise der Dreiakt in allen Erfindungsgebieten aufzufinden ist.

Was ist eine Erfindung?

34) Erfindung ist Lösung eines technischen Problems, bestehend in einem neuen Gegenstande oder in einem neuen Arbeitsverfahren und durch einen vollen Dreiakt hervorgebracht.

Die sprachliche Kürze dieser Formel ist nur erreicht durch die Anwendung zweier als definiert geltenden Begriffe: des technischen Problems und des Dreiaktes. Die Formel umfasst aber alle wesentlichen Merkmale, welche in den früher angeführten Formeln enthalten sind. Das wollen wir gleich sehen.

Zuerst stellt sich der Unterschied zwischen Entdeckung und Erfindung klar. Die Entdeckung (die uns hier nicht weiter beschäftigen soll) kann mit derselben Formel definiert werden, indem nur anstatt technisches Problem „wissen-

schaftliches Problem“ eingesetzt wird. In der That existirt kein weiterer Unterschied zwischen beiden: Man denke sich z. B. die Leistungen von Pasteur, welche in gleichem Grade die biologischen Wissenschaften wie die umfangreichen Zweige der Gärungstechnik so mächtig förderten.

Die Formel 34 enthält sodann das so wichtige Attribut der Neuheit, welches besonders die Formeln 1, 11 und 12 hervorheben. Sie erstreckt sich in gleichem Maasse auf neue Verfahren wie auch auf bekannte Verfahren, die mit neuen Hilfsmitteln hervorgebracht werden oder ein neues Resultat geben, und zwar in der mechanischen wie chemischen Technik (siehe Formeln 6, 7, 8, 9, 10, 20, 33). Sie enthält das Attribut der technischen Verwerthbarkeit, des technischen Effektes (Formeln 14—21). Die Anwendung des Begriffes „Dreiakt“ wirft das nöthige Licht über die nicht zu unterschätzende Seite des schöpferischen Ursprunges und der Künstlichkeit der Erfindung (siehe Formeln 1, 2, 3, 4, 5, 12, 13, 14 und 16). Endlich giebt dieser Begriff auch das wahre Verhältniss zwischen Erfindung und Konstruktion = Rezept (siehe Formeln 22—32).

Wenn in der Formel 34 vom „vollen Dreiakt“ die Rede ist, so ist es ja unzweifelhaft, dass nur dann eine Erfindung ein technisches Problem nicht nur lösen kann, sondern auch wirklich löst, wenn sie als Faktum dasteht (3. Akt), denn weder als Idee (1. Akt), noch als Schema (2. Akt) steht der Erfindung diese Eigenschaft zu.

In welchem Stadium ist eine Erfindung patentfähig?

35) Eine Erfindung ist patentfähig, sobald mindestens deren erster und zweiter Akt vollzogen sind.

Wir haben gesehen, dass, erst wenn die Erfindung bis zum Ende des zweiten Aktes vorgedrungen ist, sie derart bestimmt wird, dass die endgültige Ausführung derselben durch Sachverständige keine weitere schöpferische, sondern lediglich konstruktive, bez. handwerksmässige Thätigkeit erfordert. Zudem ist sie auch hier nach Problem und Mittel zu dessen Lösung eindeutig bestimmt und kann ebenso definiert werden. Man läuft nicht Gefahr, sich in formalistische Einzelheiten zu verlieren und die Konstrukteure und Handwerker ohne Noth mit Prozessen zu belästigen. Da ein Schema nur eine Erfindung kennzeichnet, so ist auch die patentrechtliche Forderung der Einheitlichkeit in der Formel 35 vorgesehen. Lesen wir die Erläuterungen der verschiedenen Patentgesetze,*) so bleibt kein Zweifel übrig, dass in der das Patentgesuch begleitenden Beschreibung und den Zeichnungen lediglich das Schema und nicht die detaillierte Konstruktion der Erfindung gegeben werden sollen. Nicht schon das Ergebniss des ersten Aktes, die erfinderische Idee für sich, ohne deren notwendige, durch Experiment und Wissenschaft mögliche Präzisierung, aber auch nicht mehr das blosse Ergebniss des dritten Aktes, dessen Neuheit sich lediglich auf die konstruktive oder ziffermässige Gestaltung einer schon bekannten Erfindung

*) Hartig a. a. O.; Stereken a. a. O.; Johnson, the Patentees Manual; S. Pouillet, Brevets d'invention; Robolski a. a. O.; T. Eust. Smith, Inventions and how to patent them, u. a.

bezieht, kann vernünftigerweise Anspruch auf Patentirung, d. h. staatliche Anerkennung eines Ausschliessungsrechtes der Verwirklichung, erheben. Besonders überzeugend beweist Hartig, wie verwirrend für die Patentämter, wie mehrdeutig und wie schlecht die Patentsphäre der Erfindung begrenzend diejenigen Beschreibungen sind, welche bis in die letzten Konstruktionseinzelheiten eingehen und etwa von vielen Arbeitszeichnungen begleitet werden. Diese Ansicht hat Stercken in seinem oben mehrfach genannten Werke so eingehend durchgeführt und mit Beispielen versehen, dass hier nur noch an Eines erinnert zu werden braucht, nämlich: eine gute, eindeutige Beschreibung, die der Patentbehörde die Sache sofort aufklärt und dem Erfinder den nach den Umständen weitesten Patentschutz verleiht, soll mit der Formulierung der Idee (1. Akt) anfangen und zu dieser mindestens eine schematisch wiedergegebene Ausführungsform (2. Akt) beibringen. Nur die Zusammenstellung der Resultate des ersten und zweiten Aktes führt zum klaren Begriff der Erfindung. Dagegen ist weder die Idee (1. Akt) noch die Konstruktion eines schon bekannten Schemas (3. Akt) für sich patentirbar. Welche Beunruhigungen werden den Industriellen und welche Bemühungen den Richtern erspart sein, wenn dereinst die Erkenntniss dieses Satzes Allgemeingut geworden sein wird.

Abhängigkeits- und Zusatzpatente entsprechen den verschiedenen zu einem ersten Akte beigebrachten zweiten Akten (Verbesserungen derselben Erfindung = Verzweigungen des Dreiaktes). Falls diese Veränderung vom ersten Erfinder gemacht ist, erhält er ein Zusatzpatent; falls von einem Anderen, erhält dieser ein Abhängigkeitspatent, worin das Gemeinschaftliche beider Erfindungen

(der Haupt- und Ergänzungs-Erfindung) ausdrücklich bezeichnet wird.

Der verhältnissmässig gute und trotz vieler Klagen doch anerkannte Erfolg der staatlichen Patenteinrichtungen mag dahin geführt haben, dass im deutschen Reich durch das Gesetz vom 1. Juni 1891 der weitere Versuch gemacht wurde, auch noch die konkreteren Schöpfungen des dritten Aktes — wenigstens auf dem Gebiete der mechanischen Technik — unter Schutz zu stellen. Ob der Versuch gelungen ist und auf die Dauer die Konstrukteure befriedigen kann, wird davon abhängen, ob bei der Rechtsprechung die begriffliche oder die nur anschauliche Auffassung der sogenannten Gebrauchsmuster die Oberhand gewinnt: Träte das Letztere ein — die Fassung der §§ 1*) und 2 lässt das befürchten — so wäre der gebotene Schutz illusorisch, denn die logische Tragweite, der begriffliche Umfang der erfolgten Eintragungen wäre gleich Null, jede formalistisch im Geringsten abweichende Ausführung eines Gebrauchsmusters fiel ausserhalb des gewährten Schutzes; nur bei Anerkennung der begrifflichen Auffassung — wozu in § 4 (Abs. 3)**) ein Anhalt geboten ist — würde die logische und rechtliche Tragweite des Schutzes noch immer eine Vielheit konkreter Ausführungen umschliessen, also doch eine gewisse, derjenigen eines Erfindungspatentes vergleichbare Wirksamkeit haben.

*) „Modelle . . . , insoweit sie dem . . . Gebrauchszweck durch eine neue Gestaltung . . . dienen sollen.“

**) „Wenn der wesentliche Inhalt der Eintragung den . . . Einrichtungen eines Andern . . . entnommen ist.“

Ueber Stauweiher-Anlagen und das naturgemässe Wasserwirthschaftssystem.

Von **G. Grosch** in Dresden.

(Hierzu Tafel **IX**, **X** und **XI**.)

Die Frage der Wasserwirthschaft, d. i. die geregelte Benutzung der von der Natur regellos gelieferten, durch Menschenhände allein zu ordnenden Wasserzufuhr, das Aufsammeln und die haushälterische Verwehung aller Wasserüberschüsse ist eine der wichtigsten technischen und volkwirthschaftlichen Fragen aller Kulturvölker.

Die Ueberschwemmungen im Winter und im Frühjahr sind bei unseren norddeutschen Strömen die Regel, und die durch dieselben niedergeführten Wassermassen, die, wenn sie geschickt auf die Zeit des ganzen Jahres möglichst gleichmässig vertheilt werden könnten, Fülle und Segen über die Länder verbreiten würden, sind jetzt von allen Bewohnern der Flussthäler gefürchtet. Weder für die Industrie, noch für die Schifffahrt ist es möglich, diese Hochwässer vollständig zu benutzen, vielmehr können dieselben nur zum Theil Verwerthung finden, da sie bei dem nördlichen Laufe unserer Ströme mit dem Eisgang zu nahe zusammenfallen.

Zu anderen Zeiten entstehen Hochwässer nur vorübergehend und ganz unberechenbar, durch starke, weit verbreitete Gewitter oder durch eine länger anhaltende Dauer der Sommerregen. An der Elbe spricht man von einem „Johanniswasser“, das Ende Juni erwartet wird und von einer sogenannten „Laubschwemme“, die Ende September eintritt. Indess, alle diese alten Bauern- und Schifferregeln wollen in der Neuzeit nicht mehr zutreffen, wenigstens ist ein Verlass auf ein Eintreten einer solchen, der Industrie und dem Schifffahrtsverkehr günstigen Stromanschwellung nicht anzurathen, da jene sommerlichen Hochwässer keineswegs regelmässig auftreten; immer aber fliessen dieselben um so schneller wieder ab, je vorübergehender die Ursachen sind.

Die Folge dieses raschen Abflusses der Tagewässer sind die während des grössten Theiles des Jahres in unseren Strömen anhaltenden Tiefwasserstände. Die Kurven der Jahreswasserstände der Elbe, der Oder, der Donau etc. zeigen deutlich, dass die früheren normalen Verhältnisse in der Wasserabführung der Flussläufe nicht mehr stattfinden; der Unterschied der Hoch- und Tiefwasserstände der Ströme und Flüsse ist grösser und die Ueberschwemmungen sind häufiger geworden. In Folge des erwähnten, oft den grössten Theil des Jahres anhaltenden niederen Wasserstandes der Ströme und Flüsse hat sich ziemlich allgemein die Ansicht

verbreitet, dass der Wasserreichthum der Flüsse nachgelassen habe.

Rücksichtlich dieser oft behaupteten Abnahme der gesammten jährlichen Wassermenge fehlen uns bis jetzt die erforderlichen Messungen und Beobachtungen; indess es kann die Wassermenge im Sommer und Herbst zu Zeiten der kleinen Wasserstände, d. i. die Minimalwassermenge abgenommen haben, ohne dass gerade die jährliche Wassermenge sich vermindert zu haben braucht, weil ja der Ausfall bei Niederwasser leicht durch eine grössere Wassermenge bei Hochwasser gedeckt werden kann. Als Ursache dieser Erscheinung werden sehr häufig Verwüstungen der Wälder, namentlich in den Quellengebieten angeführt; indess dürfte wohl die Hauptursache der andauernden Wasserarmuth der Flüsse in den in neuerer Zeit sehr nachdrücklich und in grösserem Umfange durchgeführten Entwässerungs- und Entsumpfanlagen, in Ableitungen und Drainirungen sämtlicher Nasslagen in Feldern und Wäldern, in der Ausbeutung der Hochmoore und in der Verfüllung der Teiche zu suchen sein. Der früher nasse Boden wird jetzt durchgängig trocken gelegt, feuchte Dünste können sich nicht genug entwickeln und ein gelinder Regen, welcher früher schon einen nennenswerthen Beitrag für die Gewässer abgab, wird von dem trockenen Boden gierig aufgesaugt und erst anhaltender und heftiger Regen giebt Wasser für Bäche und Flüsse ab.

Da jene Entwässerungsanlagen den unmittelbar betroffenen Ländereien in der Regel eine grössere Ertragsfähigkeit sichern, dürfte bei der jetzigen, sich immer kräftiger entwickelnden Bodenbewirthschaftung wohl kaum zu erwarten stehen, dass von jener Richtung der Mehrausnutzung des Bodens abgegangen wird.

Es giebt im Allgemeinen zwei hauptsächliche Mittel, den raschen Zusturz des Wassers zu verhindern:

1. die Bewaldung,
2. das System der Stauweiheranlagen.

Eine ausführliche Besprechung der ersteren Massregel liegt nicht in der Absicht dieser Zeilen. Die Vortheile einer Bewaldung in der Wasserwirthschaft sind allgemein bekannt, sie bestehen darin, das Wasser bei starken Niederschlägen zurück zu halten und allmählich abzugeben.

Hierdurch wird der Ablauf des Wassers gemässigt, die Anschwellungen der Wildbäche werden gemildert und die

aussergewöhnlichen Ueberschwemmungen thunlichst verhindert.

In Frankreich besteht seit etwa 20 Jahren eine besondere Behörde, die Administration des Eaux et Forêts (die Forst- und Wasserverwaltung), deren Aufgabe es ist, auf einer festen Basis und auf Grund von Gesetzen Wiederbewaldungen auszuführen, bei denen es sich zugleich um Bekämpfung der schädlichen Wirksamkeit des Wassers handelt. Die Ergebnisse der Thätigkeit dieser Verwaltung sind ausserordentlich günstig.

Das System der Sammelteichanlagen hat unter gewissen Verhältnissen schon bei den Alten Anwendung gefunden; in der Neuzeit ist dasselbe im Allgemeinen zuweilen als unausführbar bezeichnet worden, namentlich als man noch nicht den Muth hatte, grössere Stauweiher anzulegen; die erforderliche Anzahl kleinerer Stauweiher, oder falls man weiter unterhalb liegende Punkte zu deren Anlage wählen sollte, der erforderliche grosse Oberflächeninhalt derselben und die hierdurch bedingten Kosten wirkten abschreckend. Hauptsächlich hielt auch die durch gewaltige Unglücksfälle genährte Furcht vor Gefahren, welche schlecht gebaute Stauweiher für die unterhalb gelegenen Gegenden haben, vom Bau derselben ab.

Der heutige Stand der Bautechnik ist indess ein solcher, dass in dieser Beziehung die schweren Bedenken, die bei uns allgemein noch gegen Anlage von Thalsperren bestehen, leicht zu beseitigen sind.

Die an eine Thalsperre zu stellenden Anforderungen sind folgende drei:

1. Der Mauer- und Dammkörper muss den statischen Regeln genügen; er muss in jeder Höhe dem Wasserdrucke bei gefülltem Sammelbecken einen Ueberschuss von Widerstand entgegenstellen können.

2. Derselbe muss vollkommen dicht und wasserundurchlässig sein.

3. Derselbe muss standsicher gegründet, gegen Unterwaschungen geschützt sein und allseitig, an der Basis sowie an den Seiten in inniger naturgemässer Verbindung mit dem umgebenden gewachsenen Boden stehen.

Einige der interessantesten Profile für Thalsperren sind auf den beigegebenen Tafeln IX u. X zusammengestellt. *)

*) Vgl. Delocre, Mémoire sur la forme du profil à adopter, pour les grands barrages en maçonnerie. Annales des ponts et chaussées 1866, I.

Graeff, Rapport sur la forme et le mode de construction du barrage du gouffre d'enfer sur le Furens et les grands barrages en général. Annales des ponts et chaussées 1866.

M. de Montgolfier, Construction du barrage de Furens. Annales des ponts et chaussées 1875, I.

Intze, Kaimauern, Stützmauern und Thalsperren, Deutsche Bauzeitung. Berlin 1875, S. 252.

Krantz, Etude sur les murs de reservoirs. Paris 1870.

M. Pelestreau, Memoire sur les murs qui supportent une poussée d'au. Annales des ponts et chaussées 1876, II. Cap. I 1877, II Cap. II und III.

Le barrage de la Gileppe, mémoire rédigé à la demande de la section de Liège de l'association des ingénieurs sortis de l'école de Liège par Mrs. Bodson, Desienne et Leclercq 1877.

Harlachner, das Reservoir im „bösen Loch“ bei Komotau. Technische Blätter des Vereins für das Königreich Böhmen. 1875.

Leopold Herzka, Eine Studie über Stauauern. (Zeitschr. d. Oest. Ing.- u. Arch.-Ver. 1895. Nr. 20.)

Die statischen Regeln, die man bei der Konstruktion einer massiven Thalsperre zu beachten hat, sind folgende:

1. In jeder Höhe soll doppelte Sicherheit gegen Umstürzen, d. h. Drehbewegung um die Vorderkante vorhanden sein.

2. In jeder Höhe sollen die Drucklinien für leeres und gefülltes Staubecken im inneren Drittel liegen.

3. Die Pressungen im Mauerwerk sollen an keiner Stelle und bei keiner möglichen Beanspruchung eine dem Material angemessene Grenze überschreiten.

4. Es muss in allen Schichten Sicherheit gegen Gleiten vorhanden sein.

Mehrfach ist bei Anlage von wichtigen grossen Thalsperren gegen vorstehend angeführte einfache Regeln der Ingenieurbaukunst gefehlt worden und schwer hat sich diese Vernachlässigung gerächt; so brach z. B. die von 1579 bis 1594 erbaute Thalsperre von Puentes im Jahre 1802 in Folge einer Unterwaschung durch; sie hatte, wie das Profil Tafel X zeigt, einen sehr massiven Querschnitt, war aber anstatt mittels tiefer Fundamente auf Fels nur auf Pfahlrost in Alluvialschicht gegründet. Diese Katastrophe vernichtete 608 Menschenleben und zerstörte 809 Wohnungen.

Von den in der Neuzeit durch den Bruch von Thalsperren herbeigeführten Unglücksfällen sind neben den bekannten Unfällen in Millerek und Sheffield noch der Bruch der Staumauer im Habra-Thale bei Algier (besprochen im Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung 1882 S. 113), das Unglück bei Johnston in Pennsylvanien (vergl. Deutsche Bauzeitung 1889, S. 403), der Bruch des zur Ausnutzung der Goldfelder in Kalifornien erbauten 85 Millionen *cbm* Inhalt fassenden Walnut-Grove-Dammes (vergl. Zentralblatt der Bauverwaltung 1890, S. 133), sowie auch der Bruch des kleinen Sammelweihers in Sonzier (vergl. Schweizerische Bauzeitung 1888, S. 123) und der des Reservoirs zu Bouzey*) bei Epinal (Departement der Vogesen)

*) Von der Anlage der Thalsperre bei Bouzey ist berichtet worden, dass arge Konstruktionsfehler gleich bei der Anlage begangen worden sind.

Die Abschlussmauer des betr. Stauweihers, deren Einbruch Sonnabend, den 27. April 1895, stattgefunden hat, befindet sich etwa 6—7 *km* von Epinal entfernt und sperrt das Thälchen der Avière, eines kleinen Baches, ab. Das dadurch aufgestaute Wasser dient zur Speisung des südlichen Zweiges des französischen Ostkanals, welcher nach 1870 gebaut wurde, um die Saone mit der Mosel zu verbinden. Bouzey befindet sich nächst der Scheitelstrecke des Kanals, der von diesem Punkte aus mittelst 48 Schleusen zur Mosel, mittelst 46 Schleusen zur Saone absteigt. Die Mauer gehörte nicht zu den höchsten Staudämmen dieser Art in Europa, da die damit zu erzielende Stauhöhe bloss auf 15 *m* vorgesehen wurde, besitzt dagegen die ganz ausnahmsweise Länge von 471 *m* und war ursprünglich bestimmt, eine Wassermenge von 7 000 000 *cbm* zu sammeln. Der Ostkanal benötigte täglich 40 000 bis 50 000 *cbm* Wasser zu seiner Speisung; die Oberfläche des Stauteiches betrug 128 *ha*. Der Untergrund, auf dem die Mauer erbaut wurde, besteht in geringer Tiefe unter der Bodenfläche aus einer wagrecht gelagerten Sandsteinbank poröser, zerklüfteter Art, die nur einen geringen Druck auszuhalten vermag, und zwischen welcher sich mehr oder weniger ausgedehnte Thonlagerungen finden. Nur in einer Tiefe von 3—6 *m* unter dem Boden an der rechten Thalwand, von ungefähr 10 *m* im Thalweg und von gar 17 *m* an der linken Thalwand findet sich ein festgelagerter, dichter Sandstein vor.

Die Maximalhöhe der Mauer, Gründung inbegriffen, be-

Kommission ist zu einem ähnlichen Ergebniss gekommen, und man hat seitdem in Frankreich niemals Staubecken lediglich zu diesem ausgesprochenen Zweck angelegt.

Auch der Aufstau weiter Becken zur Speisung grösserer Schifffahrtskanäle stellt sich für unsere deutschen Verhältnisse zu theuer, insbesondere weil der Grund und Boden meist zu kostspielig sein wird, während in Nordamerika, Russland etc. die Verhältnisse günstiger liegen.

Als ein Beispiel, in welcher Weise die Amerikaner derartige Pläne auffassen, gestatte ich mir ein vor einigen Jahren seitens der Regierungsingenieure des Staates New-York aufgestelltes Projekt mitzutheilen, welches an Gross-

natur bemerkbar machte. Im Jahre 1885 bildeten sich weitere Risse, ja sogar kleine Ueberschwemmungen traten ein; um diese Zeit wurde ein Baubeamter in Bouzey, der die jetzige Katastrophe voraussagte und den Bewohnern empfahl, auf der Hut zu sein, versetzt.

In den Jahren 1888–89 wurden nun folgende Wiederherstellungs-Arbeiten vorgenommen. (Vgl. Textfigur S. 306.) Zuerst wurde in angemessener Entfernung unterhalb der Abschlussmauer ein Widerlager von 6 m Höhe angelegt und derart eingesenkt, dass es sich mit seiner unteren vertikalen Fläche an den Felsen anlehnt, u. zw. in horizontalen Schichten gemauert; dann wurde von der 3:5 geneigten Widerlagsfläche eine Strebemaauer mit äusserer konkaver Fläche, mit normalen Fugen und genügenden Fundamenten aufgeführt und in die bestehende Mauer mittelst Abtreppung eingebunden. Dadurch wurde die Grundfläche der Gesamtmauer um 50% vergrössert und diese gegen den Horizontalschub durch das gesenkte Widerlager gesichert. Ausserdem war dem sich am oberen Widerlagsfusse etwa ansammelnden Wasser mittelst Sickerschlitzten Gelegenheit gegeben, in den unterhalb des Widerlagers angelegten Sickerschächten aufzusteigen. Die an der Grundfläche der Mauer verschobenen Geländestellen wurden mittelst Stollen entfernt und letztere wieder hydraulisch ausgemauert. Die Trennungsspalten der Schutzmauer wurden ebenfalls sorgfältig ausgemauert und nach oben mit einer Mauer gedeckt und das Ganze ausserdem mit einer gestampften Thonschichte von 3 m Dicke wasserdicht gemacht. Seit der Vollendung dieser Arbeiten betrug der tägliche Verlust nur etwa 8000 cbm. (Vergleiche Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins 1893, Nr. 9, Süddeutsche Bauzeitung 1895 Nr. 22, Centralblatt der Bauverwaltung 1895 etc., ferner Zoppi e Torricelli, Laghi artificiali dell' Algeria, della Francia e del Belgio; Annali di Agricoltura 1886 und Rapport sur l'alimentation des canaux, principalement dans l'Est de la France, présenté au Congrès international de navigation intérieure de 1882.)

Es wurde seither die Vorschrift beobachtet, das Wasser nur etwa 4 m unter die Dammkrone zu stauen und somit im Reservoir bloss 4 000 000, statt 7 000 000 cbm Wasser zu sammeln.

Der Einsturz der Thalsperre dürfte erfolgt sein, weil wahrscheinlich in Folge starker lokaler Regengüsse der Bach Avière rascher anschwell, als die Ableitungskanäle im Damm den Zufluss abführen konnten, so dass eine ausserordentliche Stauung entstand. Nach Aussage des Staatsingenieurs ist der Dammbruch durch äusserlich nicht bemerkbare Veränderungen herbeigeführt worden, die der Winterfrost in dem Mauerwerk verursacht hatte.

Durch den Bruch der Thalsperre sind 4 Ortschaften zum Theil zerstört worden; die Verluste werden auf mehrere Millionen geschätzt. Das ganze Avière-Thal bietet einen trostlosen Anblick dar. In Donvière sind 17 Häuser zerstört und 25 Menschen ertrunken; in Oncourt ist eine Person getödtet und sind drei Häuser eingestürzt; in Uxegney sind 16 Gebäude vernichtet und 17 Personen werden vermisst. Die Gesamtzahl der Toten wird auf 110 geschätzt. Der Wasserstrom zerstörte die Böschungen des Ostkanals, dessen Wasser ebenfalls ausströmte.

Es ist fraglich, ob man die Thalsperre von neuem aufbauen wird; die Rücksicht auf die Empfindungen der Bevölkerung wird verhindern, dass man einen ähnlichen Damm aufführt, selbst wenn dessen Festigkeit über jeden Zweifel erhaben wäre. —

artigkeit alle auf dem ganzen Erdkreis ausgeführten Anlagen übertrifft und welches die Vergrösserung der Wassertiefe auf dem Champlain-Kanal und die Verbesserung der Schifffahrtsverhältnisse auf dem oberen Hudson durch die Anlage zahlreicher Sammelbehälter erstrebt.

Der Champlain-Kanal ist eine Fortsetzung des Erie-Kanals gegenüber bei Albany am Hudson und endigt bei Whitehall am Champlainsee. Die Länge des Kanals beträgt 117 km, also beinahe soviel als die sächsische Elbstrecke von der böhmischen bis zur preussischen Landesgrenze. Die Tiefe des Kanals ist zur Zeit 4' englisch oder 122 cm. — Diese Tiefe beabsichtigt man zu vergrössern. Bei Lösung dieser Aufgabe beruht die Schwierigkeit, wie bei allen übrigen Kanalnetzen, in der Beschaffung der zu einem intensiveren Kanalbetriebe erforderlichen Wassermengen. Da auch bei uns in Deutschland das lebendige Gedeihen unserer Industrie und Schiffahrt zuvörderst von der verfügbaren Wassermenge abhängt, so gestatte ich mir, auf die am Champlain-Kanal und am oberen Hudson bestehenden topographischen Verhältnisse etwas spezieller einzugehen. Der vor einiger Zeit erschienene Annual Report of the Canal-Commission of the State of New-York enthält einen ausführlichen Bericht über eine im Sommer des Jahres 1874 vorgenommene Untersuchung der Quellgebiete des oberen Hudson und des Champlain-Kanales vom Ingenieur Farrand Benedict, ehemaligem Professor der Mathematik und der Ingenieurwissenschaften an der Universität zu Vermont.

Die Aufgabe jener Untersuchung war: möglichst genau die Wassermenge zu bestimmen, welche jährlich in diesen Flussgebieten zum Niederschlag kommt und den Theil derselben anzugeben, welcher in Sammelbecken zurückgehalten werden könnte, um die von der Regierung erbauten und bewirthschafteten Kanäle jetzt und in Zukunft mit ausreichendem Speisewasser zu versorgen; ferner war zu untersuchen, inwieweit die Schiffahrt auf dem oberen Theile des Hudsonstromes während der niedrigsten Wasserstände in den Sommer- und Herbstmonaten gehoben werden könnte. Zu gleicher Zeit war von der Kanalkommission eine überschlägliche Kostenberechnung dieser Bauanlagen verlangt.

Diese Untersuchungen sind von den amerikanischen Ingenieuren in sehr kurzer Zeit in ausgedehnter und gründlicher Weise ausgeführt worden.

Ueber das Programm dieser Untersuchungsarbeiten ist Folgendes anzuführen: In Folge der kurz zugemessenen Zeit, die der Kommission zur Verfügung stand und der anfangs kärglich bewilligten Geldmittel musste man im Voraus darüber Entscheidung treffen, welcher Theil der Arbeiten eine mehr oberflächliche Behandlung vertrug und bei welchen Fragen eine möglichst gewissenhafte und vollständige Untersuchung derselben unumgänglich nothwendig war.

Die tüchtigsten Ingenieure, welche eine bedeutende Uebung in Lösung ähnlicher Aufgaben schon bekundet hatten und welche eine genaue Lokalkenntniss der betreffenden Strömgebiete besaßen, wurden mit dieser Untersuchung beauftragt. Drei Ingenieure übernahmen die Vermessung des Long- und des Forked-Sees und alle einzelnen

Untersuchungen und Messungen, welche erforderlich schienen, um eine Verwendung und Umwandlung genannter Seen in sichere und wirksame Hochwasserreservoirs zu erzielen.

Unter der speziellen Leitung des Professor Benedict wurden drei andere Ingenieure beauftragt, innerhalb kurzer Fristen sämtliche grössere Seen und Teiche zwischen dem Hudson und dem Raquette-River, mit Ausnahme des Long- und des Forked-Sees zu besichtigen, die beste und vortheilhafteste Lage für Thalsperren auszusuchen, Quer- und Längsprofile sämtlicher grösseren, das Gelände kreuzenden Wasserläufe und Flüsse zu nehmen, und in den Fällen, in denen es wünschenswerth und thunlich war, den Inhalt dieser natürlichen Seebecken durch Ausgrabung zu vergrössern, die betreffenden Nivellements, sowie auch die der umgebenden Terrainsenkungen und Seitenthäler auszuführen, ferner die Höhen der Abschlussdämme in den erwähnten Fällen zu bestimmen.

Diese II. Sektion nahm die grossen Seen und Teiche auf, indem sie über dieselben in verschiedenen Richtungen mit gleicher Geschwindigkeit hinwegfuhr, den Weg und die Zeit mittelst Kompass und Uhr maass, Austiefungen vornahm etc.

Auf diese Weise ist so sicher, als es unter den obwaltenden Verhältnissen nur möglich war, die Form, die Oberflächengrösse und der Rauminhalt dieser sämtlichen grossen Seen zum ersten Male bestimmt worden.

Die Mühseligkeiten und Hindernisse, die mit einer solchen Arbeit in einer Gebirgsregion, umgeben von Sümpfen, dichten Wäldern, ohne Weg und Steg verbunden sind, brauche ich nicht aufzuführen.

Zu diesen Prüfungen in der Beharrlichkeit kamen noch die Schwierigkeiten der trigonometrischen und der übrigen Vermessungsarbeiten zu Zeiten, in welchen das Land mit Regengüssen überschwemmt wurde.

Den wichtigsten Theil der erforderlichen Arbeiten bildeten, nächst den genauen Höhenbestimmungen der einzelnen Seespiegel, die meteorologischen Beobachtungen, die Bestimmung der jährlichen Niederschlagsmenge und der monatlichen Vertheilung derselben. — Nichts hat den bei jener grossartigen Untersuchung beteiligten Ingenieuren mehr Schwierigkeiten bereitet, als das vollständige Fehlen von meteorologischen Beobachtungsstationen auf den Hochplateaux. Die Ermittlung der jährlichen Niederschläge musste daher durch Versuche erfolgen: dieselben wurden an zwei kleinen Sammelteichanlagen, am Woodhull- und Madisonbachreservoir, vorgenommen. Es werden in dem genannten Report of the Canal-Commission zwei Reihen von Beobachtungen angeführt, die miteinander vereinigt, eine ziemlich genaue Berechnung der Höhe der jährlichen Niederschläge ergeben.

Wenn ich nunmehr auf eine kurze Beschreibung der von der Kommission auf Grund der vorgenommenen Messungen und Untersuchungen vorgeschlagenen Anlagen von Sammelbecken eingehe, so will ich kurz vorausschicken, dass die Ingenieure in dem grossen Sammelgebiete des Raquette-River, nebst dem des östlichen Armes des Hudson, des sogenannten Cablin-Flusses, auf Grund genauer Untersuchungen 8 resp. 9 bedeutende Reservoirs geplant haben.

1. Das Blue Mountain- oder Blauberg-Reservoir. Dieses Reservoir ist in dem äussersten südöstlichen Winkel des

Sammelgebietes des Raquette-River gelegen und umfasst die drei nunmehr bekannten Seen: Uttowana-, Eagle- und Blue Mountain-Lake.

Sie führen den Namen: „the gems of the wilderness“, die „Juwelen der Wildniss“. Sie sind durch kleine, mit Booten zu befahrende Kanäle miteinander verbunden. Der Wasserspiegel befindet sich bei allen dreien in gleicher Höhe; das Flussgebiet derselben beträgt 101,25 qkm. Sie theilen an ihrer östlichen Biegung die Bergspitzen der Blue Mountains in mehrere Gruppen, von denen sich nach verschiedenen Richtungen hin die Zuflüsse des Raquette, des Long- und des Forked-Sees abzweigen. Man beabsichtigt diese Seen mittelst eines am Ausfluss des Uttowanasees geplanten Dammes um 3 m aufzustauen.

Die vortheilhafteste Stelle für die Anlage solcher Thalsperren ist immer die, wo eine Thalverengung stattfindet, während oberhalb das Thal einen weiten Kessel bildet. Man wird durch Absperrung jener Verengung mit möglichst geringen Kosten ein Seebecken mit verhältnissmässig grossem Inhalt bilden können. Der Wassereintrag dieses riesenhaften Vorrathsbehälters beträgt 32 814 000 cbm; mittelst dieser Wassermenge kann während 100 Tagen der niedrigsten Sommer und Herbstwasserstände der Champlain-Kanal einen Zufluss von 4 cbm pro Sekunde erhalten.

2. Das Raquette-Lake-Reservoir.

Ueber die Naturschönheiten dieses nach dem Bericht der amerikanischen Ingenieure unvergleichlich herrlichen Sees will ich hier nichts sagen; die sich für Naturschilderungen interessirenden Leser bitte ich die Beschreibungen im Originalwerk nachzulesen.

Ich will nur erwähnen, dass das Zuflussgebiet des Sees 243,6 qkm und der Kubikinhalt desselben 78 700 000 cbm beträgt. —

Der Inhalt der sämtlichen untersuchten 8 Reservoirs beträgt zusammen 361 475 000 cbm. Diese aufgespeicherte Wassermenge soll während 100 Tagen, zur Zeit der niedrigsten Sommerwasserstände zum Abfluss gelangen. Dies ergibt einen Zuschuss von 42 cbm pro Sekunde.

Ausserdem haben die amerikanischen Ingenieure noch 19 kleinere Seen der obigen Flussgebiete untersucht; auch diese können je nach der Beschaffenheit des sie umgebenden Terrains um 2 bis 6 m aufgestaut werden und einen Fassungsinhalt von 157 170 000 cbm erhalten, so dass die gesammte in den 27 Seereservoirs aufzuspeichernde Wassermenge während 100 Tagen zur Zeit der niedrigsten Sommer- und Herbstwasserstände dem Champlain-Kanal und dem oberen Hudson einen Zuschuss von ca. 60 cbm pro Sekunde gewähren könnte. Dies ist ungefähr soviel wie unsere sächsische Elbe bei Niederwasserstand abführt.

Es sei mir gestattet, noch einige wenige Bemerkungen über die Gefahren, die ein Bruch dieser Reservoirs zur Folge haben würde, anzufügen.

Wenn schon bei dem Bruch des isolirt liegenden Reservoirs Millcreek in Massachusetts mit einer Oberfläche von nur 80 ha, wenn ebenso bei dem Bruch des Dale-Dike-Reservoirs zu Sheffield ein kolossaler Verlust an Menschenleben und Eigentum zu beklagen war, wie viel grösser muss die Gefahr sein, wenn in Folge eines ähnlichen unglücklichen Zufalles einmal ein zusammenhängen-

des System von Reservoiren, das in einer Höhe von 520 bis 460 *m* über dem Meere liegt, und von denen jedes allein bereits eine sehr bedeutende Ausdehnung besitzt, zum Bruche kommt! Die Furcht vor einem solchen Unglücksfall ist eine natürliche!

Auf dieses Bedenken ist zu erwidern, dass die grössere Anzahl und die grosse Ausdehnung der Sammelbecken eher zur Sicherheit, als zur Vergrösserung der Gefahren beiträgt. Würde z. B. an dem höchstgelegenen, dem Blue Mountain-Reservoir, ein Bruch des Dammes in seiner ganzen Länge eintreten, so würde sich auf dem zunächst gelegenen Raquette-Reservoir nicht der ganze Wasserspiegel plötzlich erheben, sondern es würde zunächst eine Erhebung des Wasserspiegels am oberen Ende des Sees eintreten, die in Folge des Wasserdruckes gleichmässig über die ganze Breite sich verteilen würde; in Folge dessen würde eine langsame und allmähliche Bewegung des Wassers nach der unterhalb gelegenen Ausflussöffnung stattfinden. Die gleiche Wirkung würde beim nächsten, dem Forked-Lake noch langsamer und allmählicher eintreten, und beim Long-Lake würde derselbe kaum zu bemerken sein. Es wäre nutzlos, diese Wirkungen, die sich bei jedem Schritt in geometrischer Progression abmindern, durch die lange Kette der Seen weiter herab bis zum Catlin-, Rich- und Harris-See zu verfolgen.

Eine gleiche Sicherheit gegen Verwüstungen bei einem etwaigen Bruch der beiden zu unterst gelegenen Stauweiher, des Long- und des Harris-Lake, giebt das weite Bett der von ihnen gespeisten Flüsse und ihr langer Lauf durch unbewohnte Wälder.

Was die Gefahren solcher Stauweiheranlagen hinsichtlich der Gesundheit anbelangt, so behaupten die amerikanischen Ingenieure, dass bei der Reinheit des Wassers, der niederen Temperatur der Luft und der Kürze des Sommers derartige Gefahren nicht zu befürchten sind.

Eine solche grosse Sammelbehälteranlage, wie sie die Regierung des Staates New-York geplant hat, bietet ferner einige wichtige Nebenvorteile.

Zunächst kommt die Verbesserung der Schifffahrt im Inneren jener Gegenden in Betracht. Bei Ausführung der 4 den Raquette-River speisenden Stauweiher werden gegen 150 *km* Schifffahrtsweg über die Seen und durch die sie verbindenden Flüsse und Speisekanäle entlang der werthvollsten Wälder und einiger Fabrikstädte geschaffen.

Ein zweiter Vortheil ist die Erzeugung einer ganz bedeutenden hydraulischen Kraft, die der Privat-Industrie zu Triebwerkszwecken überlassen werden soll; durch Verpachtung dieser Wasserkräfte würden dem Staat bedeutende Einnahmen zugeführt werden können.

Man hat berechnet, dass durch Anlegung jener Sammelteichanlagen ca. 56000 Pferdestärken gewonnen werden könnten.

Ein dritter wesentlicher Vortheil ist die Verringerung der Schäden bei Frühlingshochfluthen; dieser Umstand ist von der grössten Wichtigkeit für die öffentlichen und für die Privatinteressen.

Es lassen sich zwar schwer zahlenmässig die durch Hochfluthen von Gebirgsflüssen veranstalteten Schäden feststellen, indess man nimmt an, dass der kapitalisirte Werth

des durch Aufspeicherung der Frühlingshochfluthen alljährlich zu rettenden Eigenthums die Gesamtkosten des geplanten Systems von Sammelbecken übersteigt.

Ein vierter Vortheil ist die Verbesserung des Schifffahrtsweges auf den unterhalb gelegenen Stromstrecken und in Folge dessen der theilweise Wegfall der Regulirungskosten für dieselben.

Die ganzen, hier nur flüchtig skizzirten Messungen und Untersuchungen sind in einem hochinteressanten Berichte mit 10 Situationsplänen, Längen- und Querprofilen und Zeichnungen von Thalsperren versehen in New-York veröffentlicht worden.

Das Ergebniss dieser Erörterungen ist der Vorschlag der Kanalkommission, vorläufig 1 oder 2 der am niedrigsten gelegenen Reservoirs des oberen Hudsongebietes auszuführen, welche, den gegenwärtigen Bedingungen entsprechend, einen Wasservorrath von ca. 5000000 *cbm* Wasser zu halten und abzugeben im Stande sind.

Die Neuheit der hierbei anzuwendenden Grundsätze, sowie die grosse Wichtigkeit sämmtlicher in Betracht zu ziehenden Interessen rechtfertigen jenes allmähliche Vorgehen vollständig.

Wenn aber, nach dem Gelingen eines oder zweier grosser Reservoiranlagen am oberen Hudson, vor der Hand dem dringendsten Bedürfniss für die Schifffahrt abgeholfen und man schliesslich allgemein von der Richtigkeit jener praktischen Vorschläge der Kanalkommission durchdrungen sein wird, so ist wohl von dem gesunden Sinn der Amerikaner zu erwarten, dass sie das angefangene Werk vollenden und ein Sammelteichsystem von so grossartigen Dimensionen schaffen werden, wie es ähnlich nur die ungemessene Thatkraft des intelligentesten aller alten Völker, der alten Aegypter vor ca. 4000 Jahren im sogenannten Mörissee erzeugt hat.

Es dürfte zweckmässig sein, an dieses über alle Begriffe riesenhafte, urälteste Wasserreservoir einige Worte zum Vergleich mit den neueren Sammelteichanlagen anzufügen, und hieran eine kurze summarische Uebersicht der von den alten und neuen Völkern ausgeführten ähnlichen Anlagen anzureihen.

Aegypten ist das Land der Hieroglyphen, das Land der Geheimnisse; aber das wichtigste Geheimniss dieses alten Volkes, dem dasselbe ausschliesslich seine Blüthe zu verdanken hat, ist das der planmässig geregelten Wasserwirthschaft. Heute noch beruht der Wohlstand Aegyptens, wie in alter Zeit, auf der Fruchtbarkeit des Bodens, welche durch die regelmässigen Ueberschwemmungen des Nils bedingt ist. Der Name „Nil“ hat im Arabischen die besondere Bedeutung „Ueberfluthung“.

Halten die Ueberschwemmungen das rechte Maass inne, so ist eine gesegnete Ernte zu erwarten, übersteigen sie die Höhe, welche nothwendig ist, um dem Lande die hinreichende Wassermasse zuzuführen, so vernichten sie die Hoffnungen des Landmannes, bleiben sie dagegen unter dem erforderlichen Maasse, so ist Misswachs und Hungersnoth die Folge. Mit begreiflicher Aufregung beobachteten daher die alten Aegypter das Steigen des Nils und sann auf Mittel, diese Ungleichheiten des Wasserstandes zu regeln.

An verschiedenen Punkten des Landes hatte man

durch Thalsperren mächtige Behälter gebildet, welche theils durch Gebirgsregen, theils durch die Hochfluthen des heiligen Stromes gefüllt wurden und zur trockenen Zeit die Kanäle mit Wasser versorgten.

Das hauptsächlichste Sammelbecken war der durch zahlreiche Kanäle aus dem Nil gespeiste Mörisee in der heutigen Landschaft Fayum, eine der grössten Wasserbauten aller Zeiten und überhaupt eine der grossartigsten Unternehmungen für das Gemeinwohl.

Nach vorliegenden historischen Angaben hat dieser berühmte See nicht unter 12200 *ha* oder 122 *qkm* Oberfläche gehabt, nach Anderen noch bis zu zehnmal mehr. Strabo, welcher ebenso wie Herodot vom Möris-See spricht, sagt, derselbe sei so gross wie ein Meer, er habe Meeresfarbe und seine Ufer hätten das Aussehen von Meeresufern; er sei wegen seiner Lage, seiner Grösse und Tiefe geeignet, bei der Nilschwelung das überflüssige Wasser in sich aufzunehmen und dasselbe beim Zurücktreten der Fluth den Kanälen wiederzugeben, und dennoch soviel zurückzubehalten, als zur Bewässerung nothwendig sei.

Herodot nennt ihn ein noch bewunderungswürdiges Werk als das an ihm liegende Labyrinth; das Wasser war durch einen Graben aus dem Nil in den See hineingeleitet; sechs Monate lief es in den See hinein, die anderen sechs Monate wieder in den Nil heraus. So lange das Wasser ablied, warf es dem Könige ein Silbertalent an Fischen ab. Auch Diodor (I. 52) erwähnt, dass die Fischerei im Mörisee ein Monopol der Könige gewesen sei, da der Ertrag derselben einer Königin von ihrem Gemahl als Nadelgeld angewiesen wurde.

Als Wassermesser dienten zwei in den See gebaute Pyramiden, jede über 170 *m* hoch, auf allen 4 Seiten mit weithin sichtbarer Maasseintheilung versehen. Mächtige Schleusenbauten bewirkten die Regelung des Wasserabflusses, welcher durch Staatsbeamte streng beaufsichtigt wurde.

Vielleicht gelingt es, die vernachlässigten Damm- und Schleusenwerke wieder herzustellen, um dann das Fayum wieder zum Garten Aegyptens zu gestalten. In neuerer Zeit sind die hierauf gerichteten Bestrebungen von Erfolg begleitet gewesen; es steht nunmehr fest, dass im Sommer 1895 die Arbeiten für die Errichtung eines mächtigen Wasserreservoirs in Ober-Aegypten beginnen werden. Im diesjährigen Budget ist hierzu die Summe von 3900000 Frs. ausgeworfen worden. Die Höhe des Damms soll derart bestimmt werden, dass der Isistempel der Insel Philae, gegen dessen Zerstörung sich in der ganzen gebildeten Welt ein Sturm erhoben hat, nicht überschwemmt wird.

England, der jetzige Verwalter Aegyptens, liess aus Indien, das als die beste Schule der Bewässerungskunst betrachtet wird, eine grosse Anzahl von Technikern und Beamten dahin kommen, um das verfallene Kanalsystem wieder herzustellen und ein Netz von Kanälen mit Schleusen und Bassins zu schaffen, welches den in der Regenzeit festgehaltenen Ueberfluss des Nilwassers in der trockenen Zeit auf das Kulturland verbreitet und demselben die nöthige Feuchtigkeit zuführt.

Ein schon von Mehemed Ali begonnener grosser Damm hatte die Aufgabe, an der Gabelung des Stromes dessen Wasser zu stauen, damit es nicht unproduktiv ins

Civilingenieur XLII.

Meer gehe, sondern in die Kanäle zurückflesse. Ein Haupttheil nun dieses rationellen und erfolgreichen Bewässerungssystems ist das geplante grosse Nil-Reservoir bei Assuan. Der Zweck des Sammelbehälters ist:

1. zur Zeit des hohen Wasserstandes so viel Wasser aufzunehmen, dass ganz Aegypten in den übrigen Monaten aus dem Vorrathe gespeist werden kann;

2. soll durch die Dämmung und Stauung der Wasserspiegel der Teiche und Kanäle so weit gehoben werden, dass Gegenden, die jetzt nur wenig Feuchtigkeit empfangen, in vollem Maasse der befruchtenden Bewässerung theilhaftig werden.

Vom Standpunkte des Gedeihens des Landes aus könnte man sich demnach über das Zustandekommen des grossen Werkes nur freuen und wünschen, dass sich die Hoffnungen, die sich an dasselbe knüpfen, erfüllen, wenn diese Erfüllung durch die Schädigung und den Untergang alter, ehrwürdiger und kostbarer Denkmäler einer hochentwickelten Kunst und Kultur nur nicht vielleicht allzu theuer erkauft werden sollte. Die den Denkmälern drohende Gefahr war daher die Veranlassung zu einer Verwahrung, die die Wissenschaft zu Gunsten der Erhaltung der bedrohten Denkmäler erhob und der sich auch die Deutsche Bauzeitung durch die schon genannten Ausführungen auf S. 327 und 336 Jahrg. 1894 angeschlossen hat. In diesen beiden Ausführungen sind die verschiedenen Entwürfe zur Anlage der Sammelteiche kurz geschildert, auch ist daselbst des grossen Planes bei Assuan gedacht, auf den sich die Sachverständigen einigten. Der Plan war von dem Ingenieur Willcocks verfasst und dem englischen Ingenieur Sir Benjamin Baker, dem italienischen Ingenieur Toricelli und dem französischen Ingenieur Boulé zur Begutachtung vorgelegt worden. Im Februar 1894 besuchten die 3 Sachverständigen Aegypten; am 10. April überreichten der englische und der italienische Gutachter im Grossen und Ganzen zustimmende Erklärungen, während Boulé am 18. April ein Gutachten überreichte, welches die Anlage eines grossen Stauweihers bei Assuan verwarf und die Anlage kleiner Sammelbecken, wie sie schon der Graf de la Motte im Auge hatte, vorschlug. Er gab zu, dass mehrere kleine Sammelbecken mehr Kosten als ein grosses verursachen würden; aber während ein grosses Sammelbecken bei oder in der Nähe von Assuan Nubien unbewohnbar machen würde, könnte ein kleines Sammelbecken beim ersten Katarakt diesen für Dampfboote schiffbar machen, die Fruchtbarkeit des oberhalb des Kataraktes liegenden Gebietes erhöhen und eine Bevölkerung für dieses Gebiet anziehen. Später konnte beim zweiten Katarakt ein gleiches Becken angelegt werden und die aufgewendeten Kosten würden sich durch die Erhöhung des Ertrages der Ländereien bezahlt machen. Indessen Boulés Stimme, so sehr sie sich auch für die Erhaltung der alten Denkmäler erhob, wurde nicht gehört und der Willcocks'sche Plan zunächst in seinem vollen Umfange weiter verfolgt. Nach ungefähren Ermittlungen sind für die ausreichende Befruchtung der Ländereien des Nilthales 3631 000 000 *cbm* Wasser nöthig, von welchen 1160 000 000 *cbm* für Ober-Aegypten, 920 000 000 *cbm* für Mittel-Aegypten und 1551 000 000 *cbm* für Unter-Aegypten beansprucht werden. Nach dem Will-

cocks'schen Plane könnte beinahe die doppelte Menge (6100 000 000 *cbm*) Wasser gewonnen und zur Bewässerung von bebauten und zur Erschliessung von bisher unfruchtbaren Gebieten verwendet werden. Der materielle Gewinn für das Land und die Verwaltung wäre ein ausserordentlicher.

Für die Anlage der Sammelbecken wurde die Gegend südlich von Assuan gewählt, weil hier die örtlichen Verhältnisse dem Unternehmen sehr entgegenkommen. Der Nil theilt sich an dieser Stelle in mehrere Arme von geringer Tiefe und ein gutes Baumaterial, Syenit, bricht in der Nähe. Mit einem Kostenaufwande von 100 000 000 *ℳ* war die Aufführung eines Dammes von zusammen 1850 *m* Länge in Aussicht genommen, der 192 Unterschleusen von $10 \times 2 = 20$ *qm* Oeffnung zum Durchgang des Wassers und zur Reinigung des Beckens von abgelagertem Schlamme enthalten sollte.

Es ist berechnet worden, dass nach der Anlage des Sammelbeckens bei Assuan (die durch Flinders Petrie angeregte Anlage eines Dammes bei Kalabsche ist, obwohl sie nicht mehr Kosten verursacht, wie die Anlage bei Assuan und die jetzt bedrohten Denkmäler unberührt lässt, in Folge des Einspruches der Ingenieure Baker und Toricelli fallen gelassen worden) der Staat etwa 243 600 *ha* Wüstenland für Kulturzwecke mit einem Verkaufswerthe von 4 000 000 *ℳ* gewinnt. Die Steigerung des Werthes der Bodenprodukte erreicht in Mittel-Aegypten einen jährlichen Durchschnittsbetrag von 4 685 000 ägyptischen *Pfd.* zu 20,80 *ℳ*, in Unter-Aegypten einen solchen von 3 290 000 ägyptischen *Pfd.* Durch die fortdauernde Bewässerung von Mittel-Aegypten hat der Staat einen jährlichen Gewinn von 572 000, durch die von Unter-Aegypten einen solchen von 278 000 *Pfd.*, zusammen 850 000 *Pfd.* oder etwa 18 000 000 *ℳ*. Der Mehrertrag an Steuern wird auf 5 000 000 *ℳ* geschätzt, der der Daira Sanieh, der Privatbesitzungen Ismail Paschas, die dem Hause Rothschild verpfändet sind, auf 8 000 000 *ℳ*. Es ist jedoch neuerdings beschlossen worden, den Damm bei Assuan um 8 *m* niedriger anzulegen, wodurch sich auch die ursprüngliche Ausdehnung desselben vermindert. Das Becken wird so nur eine wesentlich geringere Wassermenge fassen können, die aber gleichwohl genügt, Mittel- und Unter-Aegypten mit Wasser zu versehen, wenn die Bedürfnisse dieser Landstrecken auch nicht zu gleicher Zeit befriedigt werden können. Dafür werden aber sowohl die höheren Theile der Insel Philae mit den wichtigsten Denkmälern des Alterthums, wie auch die nubischen Tempel vor Wasser völlig bewahrt. (Vgl. Tafel XI.)

Es ist dies einer der wenigen Fälle, in denen die Alterthums-Wissenschaft mit Erfolg Einfluss auf die Projekte des Ingenieurs ausgeübt hat.

Grossartige Sammelweiher-Anlagen besass auch Assyrien. Die märchenhafte Königin Nitocris liess ums Jahr 3000 vor Christi Geburt ebenfalls ein dem Mörisssee nicht unähnliches geheures Riesenbecken ausgraben und verband dasselbe durch einen Kanal mit dem Euphrat. Dieser Strom brauchte mit seiner ganzen Wassermasse 22 Tage, um den Nitocris-See zu füllen.

Auch Indien und Ceylon wurden von den ältesten Zeiten her allein durch eine systematische Wasserwirtschaft zur Blüthe gebracht. Das ungeheure Land würde in der

ganzen Südhälfte in Folge des Klimas, da es in der langen Trockenperiode selten regnet und die Hitze eine ausserordentliche ist, unbewohnbar sein, wenn es nicht von künstlichen Teichen in Unzahl bedeckt wäre, die zur Zeit der massenhaften Niederschläge in der Regenperiode das Wasser aufsammlen und zur trockenen Zeit vertheilen.

Von den neueren Anlagen ist die Wasserversorgung von Colombo, der Hauptstadt von Ceylon, zu erwähnen; dieselbe ist projektirt von den englischen Ingenieuren Bateman und Gibson. Durch Errichtung einer Thalsperre von 20 *m* Höhe in dem Wakoya-Thale zwischen den Hügeln von Labugama soll ein Wasservorrath von 5 500 000 *cbm* aufgestaut werden, dessen Spiegel 90 *m* über der See liegt. Dieser Vorrath soll für eine tägliche Abgabe von 18 000 *cbm* ausreichen.

Noch heute zählt die Präsidentschaft Madras allein 53 000 Sammelteichanlagen, die zum Theil schon vor Jahrtausenden gebaut wurden. Sehr viele dieser künstlichen Teiche sind wahrhafte Seen bis zu 2500 *ha* Oberfläche.

Die grösste Blüthe der genannten Länder der Alten fällt in jene Zeit, in der die Wasserwirtschaft am meisten kultivirt wurde; mit ihrer Vernachlässigung begann der Verfall. Ausser Indien, Aegypten und Assyrien sind namentlich auch Palästina und China sprechende Beispiele dafür. In Palästina, Syrien etc., welche Länder bloss zwei Jahreszeiten, eine Regenzeit und eine regenlose Zeit kennen, sind diese von der Natur des Landes erforderten Anlagen uralt; einzelnen schreibt man sogar salomonisches Alter zu.

In China ist zur Zeit die Wasserwirtschaft, namentlich das allgemeine Bewässerungssystem, als eins der Hauptbeförderungsmittel der Kultur anzusehen. Ungeheure Dämme, Werke aller Zeiten, an denen fortwährend gearbeitet wird, sammeln die überflüssigen und schädlichen Hochwassermengen, welche behufs Bewässerung der unterhalb gelegenen Ländereien durch beliebig zu öffnende und zu verschliessende Schleusen zur Zeit der Trockenheit abgelassen werden.

Verlassen wir nun diese Spuren der Kultur im Orient und verlegen wir unsere Umschau nach Europa.

In den Jahren 1891—93 ist behufs Versorgung einiger Vorstädte von Konstantinopel mit Wasser eine grosse Thalsperre nach den Plänen bzw. nach dem Rathe unseres Vereinsmitgliedes, des Herrn Professor Stadtbaurath a. D. Frühling, errichtet worden. Schon die römischen Kaiser haben, um Konstantinopel vor Wassermangel zu schützen, Sammelteichanlagen geschaffen, welche jedoch nur noch theilweise in Gebrauch sind. Eine englische Gesellschaft hat vor einigen Jahren grosse Sammelbecken angelegt, um die Vorstädte Pera und Galata mit Wasser zu versorgen; eine deutsch-schweizerische Gesellschaft versorgt die asiatischen, hoch über dem Meeresspiegel gelegenen und am Bosphorus sich hinziehenden Vorstädte Scutari und Kadiköi mit Wasser, indem sie einen Fluss, den Gueuksou, aufstaute und hierdurch ein Becken von 2 000 000 *cbm* Inhalt schuf; die zu diesem Zwecke errichtete Thalsperren-Mauer ist bis 20 *m* hoch, 80 *m* lang, an dieselbe schliesst sich ein 180 *m* langer Damm an. Der schwache Punkt dieser Anlage ist die Verbindung zwischen Steinmauer und Erdamm, auf welche deshalb besondere Sorgfalt verwendet

wurde. Der Kern des Erddammes ist aus Thonboden hergestellt und bis zur undurchlässigen Schicht herabgeführt (vergl. S. 202 dieses Jahrganges).

Spanien besass früher bereits musterhafte Wassersammelanlagen zu industriellen und landwirtschaftlichen Zwecken aus der maurischen Zeit; die in der Bewässerungskunst sehr geschickten Araber führten daselbst viele grosse Wasserwerke aus, von denen einige sich über die Zeit der Inquisitionserichte hinaus bis auf die Neuzeit erhalten haben. Der Betrieb wird dort heute noch theilweise von Behörden der Selbstverwaltung geleitet, die zugleich das ausschliessliche Gericht für Streitigkeiten bilden.

Die älteste Thalsperre Spaniens, die von Almansor, war bereits im Jahre 1586 in Wirksamkeit und ist 20,7 m hoch; fast im gleichen Alter ist die zu Ende des sechzehnten Jahrhunderts erbaute Thalsperre zu Elche. Diese meist unkonstruktive Formen und grosse Massenhaftigkeit der Profile zeigenden Bauten haben die Probe für ihre Solidität bereits bestanden.

Wie ich schon oben erwähnte, sind diese Vorkehrungen in neuerer Zeit sehr vernachlässigt worden und Spanien gehörte daher zu den schwer heimgesuchten Ländern; erst in neuester Zeit strebt man eine Verbesserung dieser Zustände an und hat in Spanien grossartige Wassersammelanlagen nach den Regeln der Ingenieur-Baukunst ausgeführt; ich gestatte mir nur die Sammelteichanlage zum Zwecke der Wasserversorgung von Madrid, sowie die Behälter von Alicante und Puentes (vgl. Taf. X) anzuführen.

In Oberitalien hat man nicht nöthig gehabt, Sammelteiche künstlich anzulegen, da die Natur diesem glücklichen Lande in Gestalt der herrlichen Seen natürliche Sammelweiher grössten Maassstabes geschenkt hat.

In England ist neuerer Zeit die praktische Bedeutung der Wasserwirtschaftsfrage in ganz ausserordentlicher Weise in das Volk gedrungen. In sehr grosser Zahl sind daselbst, hauptsächlich zum Zweck der Wasserversorgung von Städten, Stauweiher oder Sammelbassins angelegt worden, vorzugsweise in der Grafschaft Yorkshire und Lancashire, deren Inneres ein kahles, mit Haidekraut bestandenes Hügelland bildet, in deren tiefeingeschnittenen Thälern mit steilen Abhängen Quellen zu Tage treten, die bei der bedeutenden Regenhöhe sehr reichlich sind.

Diese Thäler sind, wie es bei den meisten älteren Sammelbecken-Anlagen der Fall ist, durch Erddämme abgeschlossen und auf diese Weise zu grossen Reservoirien umgebildet worden, welche die unterhalb gelegenen Städte z. B. Liverpool, Manchester, Bradford, Leeds, Sheffield, Dublin und andere mehr mit Wasser versorgen; jede dieser Städte hat fünf bis sieben Sammelteiche mit 10000000 bis 19000000 *cbm* Gesamteinhalt. Diese Reservoiranlagen dienen fast ausschliesslich dem Hausbedarf und der Fabrikindustrie.

Die englischen Ingenieure haben diesen Zweig ihrer Thätigkeit sehr ausgebildet. Meist werden die Thäler durch aus leetigem Boden bestehende, in der Mitte mit einer bis auf den Fels herabgehenden Puddlemauer versehene Dämme von 4 bis 5 m Kronenbreite und 2½ bis 3facher Böschung abgesperrt; Mauern giebt es, so viel

mir bekannt, in England nur sehr wenige. Die Maximaltiefe der Stauweiher beträgt etwa 30 m, der Inhalt in einzelnen Fällen bis zu 45000000 *cbm*.

Von den zur Speisung der Wasserleitungen Liverpool angelegten 12 bis 24 m tiefen Reservoirs werden 67% des Gesamtniederschlags (0,884 m) gesammelt.

Bei einer Niederschlagshöhe von 0,996 m entfielen bei den für Edinburgh angelegten Stauweiher (Regengebiet 1495 *ha*) 0,204 m der Regenhöhe auf die Wasserversorgung, 0,180 m auf Werkbesitzer, 0,130 m auf Verdunstung und Versickerung, 0,482 m flossen über die Wehre ab.

Wenn wir einen Blick nach Frankreich hinüber werfen, so ist zu bemerken, dass man dort seit einigen Jahrzehnten sehr darauf bedacht ist, die bisherige Vernachlässigung der Wasserwirtschaftsfrage wieder gut zu machen und grosse Sammelbehälter für Schiffahrts-, Industrie- und Ackerbauzwecke anzulegen. Man hat neben vielen kleinen auch einige sehr wichtige, grosse Thalsperren gebaut, die das überschüssige Hochwasser auffangen, ehe es zerstörend in die Ebene gelangen kann.

Einer der grössten dieser Sammelteiche liegt bei St. Etienne, das Reservoir du gouffre d'enfer (vgl. Taf. IX). Es wurde 1862 begonnen und 1866 vollendet und ist ausser in mehreren anderen Monographien in einem Werkchen des bauleitenden Ingenieurs Mongolfier, Paris 1875, beschrieben.

Das Niederschlagsgebiet des das Sammelbeckens speisenden Furens beträgt bis zum sogenannten Höllenschlund (gouffre d'enfer) 2500 *ha*, die Regenmenge 85 *cm*, und man nimmt an, dass die Abflussquote 65% der Regenmenge erreiche. Die Minimalwassermenge des Furens ist 80—100 *sz*, die mittlere 500 *sz*; der Inhalt des Stauweihers 1200000 *cbm*, wenn das Wasser 44,5 m hoch aufgestaut wird. 2,2 *km* oberhalb dieses Sammelteiches ist ebenfalls am Furens der Bau eines zweiten Reservoirs von gleichem Fassungsvermögen erfolgt, es ist dies die Barrage du Pas de Riot von 34,5 m Höhe, 21,86 m Breite am Fuss, welche 1350000 *cbm* fasst und 1280000 *Frs.* kostet, also 95 Centimes f. d. *cbm*.

Das Reservoir bei Chamond am Bache Ban von 1850000 *cbm* Inhalt der aufzuspeichernden Wassermenge, sowie die noch grösseren Stauweiher des Settons zur Verbesserung der Schiffahrt auf der Yonne, und die fünf zusammen über 20000000 *cbm* fassenden Reservoirs des Kanals von Burgund, von denen das Reservoir du Panthier das bekannteste ist, ferner das Reservoir bei Montaubry, will ich nur den Namen nach anführen, ebenso das neue Reservoir von Paroy am Rhein-Marne Kanal, welches 7 *km* von der deutschen Grenze erbaut ist; dasselbe hat den Zweck, die Schleusentreppe zu speisen und den Verkehr auf derselben unabhängig von einer etwaigen Kanalsperrung in Deutschland-Lothringen zu machen. Seine Baukosten betrugen 428000 *Frs.* (Annales des ponts et chaussées, Febr. 1880.)

Bei dem Sammelweiher von Montaubry ist das Regengebiet 1600 *ha*, die Wasserspiegelfläche 100 *ha* gross. Der Inhalt beträgt 5000000 *cbm*, die grösste Tiefe 15,2 m. In einem zehnjährigen Zeitraum betrug der Maximal-Niederschlag 1,31 m pro Jahr, der Minimal-Niederschlag 0,51 m, im Mittel 0,84 m; die wirkliche nutzbare Regen-

höhe entsprechend 0,474 *m* bzw. 0,118 *m* und 0,288 *m*, also ca. $\frac{1}{3}$ der Gesamthöhe!

Auch in Belgien hat die Entwicklung der Wasserwirthschaftsfrage begonnen, ich erinnere nur an das in den Jahren 1870—76 erbaute Reservoir der Gileppe zu Dolhain bei Verviers. (S. Le Barrage de la Gileppe par Mell. Bodson, Detienne et Leclercq, Paris 1877.) Die Dimensionen dieser Thalsperre sind folgende: Höhe der Mauer 47 *m*, Höhe des aufgestauten Wassers 45 *m*; die Länge der Mauer an der Basis beträgt 82 *m*, die obere Länge 235 *m*; die untere Stärke der Mauer ist 65,82 *m*, die obere 15 *m*; der Kubikinhalt der Mauer beträgt 248700 *cbm*, das Gewicht derselben 571481000 *kg*; das Querprofil der Mauer an der höchsten Stelle hält 1720 *qm* (vergl. Taf. IX).

Die Oberfläche des Sees misst 800000 *qm*; derselbe enthält 12238916 *cbm* Wasser.

In der Mitte der Mauer thront auf der Krone derselben auf einem 8 *m* hohen Fussgestelle der Belgische Löwe. Er ist 13 *m* hoch, 16 *m* lang und 5 *m* breit. Die Breite einer seiner Klauen beträgt 1,70 *m*. Die Gesamtkosten der Bauten im Gileppethal betragen 4600000 *Frs.*, oder für 1 *cbm* Fassungsraum ca. 0,4 *Frs.*

Bidaut, der Erbauer dieser grossen Thalsperre, welche der Verfasser gelegentlich einer Studienreise besuchte, verliess, unbekümmert um die Kosten, die damals in Frankreich für Absperrmauern wiederholt angewendete Querschnittstyppe und schuf einen Damm, welcher auf den Fachmann wie den Laien den Eindruck völliger Sicherheit hervorbringt, — neben den schlanken Mauern von Etienne ein plumper Koloss.

Bald nach Vollendung des Baues bemühten sich französische wie deutsche Ingenieure, den Nachweis zu erbringen, wie verschwenderisch Bidaut vorgegangen sei und rechneten heraus, dass er bei gehöriger Bedachtnahme auf die Gesetze der Statik an der Kostensumme sicher ein Drittel hätte ersparen können.

Der Erbauer, vom Minister darüber zur Verantwortung gezogen, entgegnete: dass ihm ebenso gut bekannt sei, welche Dimensionen eine Sperrmauer nur zu haben brauche, dass er aber im Hinblick auf die Oertlichkeit selbst, wie auf das verfügbare Baumaterial kein Experiment machen wollte, das möglicher Weise hätte misslingen und das Ansehen des Bauten-Ministeriums in bedauerlicher Weise schädigen können.

15 Jahre nach diesen Auseinandersetzungen sollten die Worte des belgischen Ingenieurs eine traurige Bestätigung erfahren und zwar durch den Einsturz der Habra-Thalsperre in Algier. Diese Reservoirmauer war nach allen Regeln der Kunst hergestellt worden und hatte nicht gehalten.

Diese Katastrophe, welche vielen hundert Menschen das Leben kostete und zahlreiche Werthe vernichtete, machte seiner Zeit gerechtes Aufsehen. War es für die Betroffenen ein Trost, dass bei dem Entwurfe allen Gesetzen der Festigkeit Rechnung getragen worden war?

Die Habramauer mass an der Sohle 32,5 *m*, war 35 *m* hoch und an der Krone nur 4,5 *m* dick*) (vergl. Taf. X, Fig. 10). —

*) Leon Pochet, Mémoire sur la mise en valeur de la plaine de l'Habra. Annales des ponts et chaussées 1875, I.

Auch in der Schweiz sind für Verbauung der Wildbäche und zum Zwecke der Regulirung der Gebirgsflüsse Thalsperren erbaut worden, weniger um die Wassermengen als vielmehr um die Sinkstoffe derselben zurückzuhalten (Verbauung der Gürbe im schweizerischen Kanton Bern, ferner im Val Verona in Graubünden etc.).

Eine der interessantesten Anwendungen der Thalsperren findet sich im Martellthale oberhalb der der Sektion Dresden des Deutsch-Oesterreichischen Alpenvereins gehörigen „Zufallshütte“ am Fusse des Monte Cevedale (Zufallspitze).

Das Martellthal wurde in den Jahren 1888 und 1889 von Wasser-Verheerungen heimgesucht, welche in Folge ihrer Grösse und Eigenart, sowie der anfänglichen Unsicherheit der Ursachen das Interesse weiterer Kreise auf sich zogen.

Zu Anfang des Sommers*) (im Jahre 1888 am 16. Juni, 1889 am 5. Juni) trat urplötzlich, ohne jeden Zusammenhang mit atmosphärischen Niederschlägen bei heiterem Himmel ein mächtiges Wachsen des Thalbaches, der Plima, ein; man sagte: „ein Ausbruch einer Wasserstube“ — Wasseransammlung im Innern der Gletscher — „sei erfolgt“; die laufende Fluth zerstörte spurlos 12 Häuser des Fleckens Gond im Martellthale, 27 Brücken und überschwenkte noch 7 Stunden abwärts im Hauptthale mehrere Quadratkilometer fruchtbarer Wiesen; die ganze Thalsohle bis abwärts nach Morter war in ein wüstes Schotterbett verwandelt. Der Schaden an Häusern, Feldern, Strassen und Brücken betrug nach behördlicher Schätzung 94000 Gulden, während der Ausbruch des Jahres 1888 schon einen solchen von 43000 Gulden verursacht hatte.**)

Einen bestimmten Anhalt über die Herkunft dieses Wildwassers bot der Umstand, dass in dem von dem rechten Berggehänge abstürzenden und den hintersten Thalgrund des Martellthales absperrenden Zufallferner an ungewöhnlicher Stelle ein mächtiges Gletscherthor entstanden war, aus dem sich das Wasser aller Wahrscheinlichkeit nach ergossen haben musste. Beim Hochwasser des Jahres 1889 wurde der Ursprung der Fluthen aus diesem inzwischen zerfallenen Gletscherthor und ausserdem folgendes festgestellt:

In der Richtung des Thales hat sich der Langenferner ausgebreitet, wenige hundert Meter unterhalb desselben sperrt die bis 2324 *m* herabreichende Zunge des Zufallferners das Thal durch eine mächtige Eisschranke quer ab, so dass die Schmelzwässer der dahinter gelegenen Zunge des Langenferners sowie der Abfluss des benachbarten Butzenferners in einem Kanal unter dem Eisdamme des Zufallgletschers durchpassiren müssen und dann in der Regel aus einem im tiefsten Punkte des Thales befindlichen

*) S. Zeitschrift des Deutschen und Oesterreichischen Alpenvereins 1890, S. 21 u. fgl. und Mittheilung des Deutschen und Oesterreichischen Alpenvereins 1889, Nr. 19.

Die Katastrophe im Martellthale wird mit jenem schrecklichen Unglück verglichen, welches in der Nacht vom 10. auf den 11. Juli 1892 die berühmten Bäder von St. Gervais in der Nähe von Chamounix zerstörte. Damals hatte sich bekanntlich hoch auf den Gletschern des Mont-Blanc ein unterirdischer Gletschersee gebildet, von dem Niemand vorher eine Ahnung hatte. In jener Unglücksnacht brach plötzlich diese Wassermasse aus und stürzte zu Thal, alles vernichtend, was ihr unterwegs entgegentrat.

**) Vgl. Oesterreichische Monatsschrift für den öffentlichen Baudienst, 1895 Heft 1 u. II.

Gletscherthor hervorbrechen. Im Winter, wenn die Gletscherbäche fast ganz versiegen, war der Kanal unter dem Eisdamme des Zufallferners verlegt, das Gletscherthor geschlossen worden, und die im Frühjahr eintretenden, aus dem oberhalb gelegenen Gletschergebiet fliessenden Schmelzwasser wurden durch die das Thal vollständig abschliessende Eis-Thalsperre aufgestaut, und zwar so lange, bis der Wasserdruck das Gletscherthor wieder gewaltsam öffnete. Die Oberfläche des ca. 350 *m* langen und 150 *m* breiten Stausees lag etwa 2400 *m* über der Ostsee, die Meereshöhe der Ausbruchsstelle betrug 2330 *m*. Dem Höhenunterschied von 70 *m* entsprechend belief sich der hydrostatische Druck an der Ausbruchsstelle auf etwa sieben Atmosphären, woraus sich unter Berücksichtigung des Ausflussquerschnitts eine theoretische Ausflussgeschwindigkeit von 27 *m* in der Sekunde ergibt. Der Inhalt des Wasserbeckens, der in einer halben Stunde etwa sich entleerte, betrug 630 000 *cbm*.

Zur Verhütung der Wiederkehr des Durchbruchs von Eisseen ist in neuerer Zeit die Anlage von Thalsperren da, wo es die Oertlichkeit gestattet, empfohlen worden. Auch dem Martellthale ist eine Abhülfe durch eine nach dem Projekte des Oberingenieurs Plattner in Botzen in dem Jahre 1892/93 ausgeführte Thalsperre mit 3 *m* hohem und ebenso breitem Tunnel für das Normalwasser der Plima gebracht worden. Diese in einer Höhe von ca. 2250 *m* über Ostsee und etwa 20 Minuten oberhalb der durch ihre herrliche Lage sich auszeichnenden, der Dresdener Sektion des Deutschen und Oesterreichischen Alpenvereins gehörenden „Zufallhütte“ liegende Thalsperre ist aus mächtigen regelrecht bearbeiteten Steinblöcken, deren Fugen durch Erde verdichtet sind, gebaut und sperrt das Plimathal in einer Länge von ca. 332 *m* ab; die Höhe der Mauer beträgt ca. 25 *m*, die obere Breite derselben 3 *m*, die Länge des Tunnels 68 *m*. Die Ausführung erfolgte nach diessseitigem Dafürhalten in vorzüglichster Weise durch deutsche Arbeiter unter spezieller Leitung des Ingenieurs Lum in Meran. Bei einem Ausbruch kann das Wasser nunmehr oberhalb der Thalsperre sich seeartig ausbreiten und allmählich ablaufen, so dass die Gefahr der ferneren Verwüstung eines der interessantesten Thäler des Ortler-Gebietes für immer beseitigt ist.

Auch den gewaltigsten Naturkräften des Hochgebirges sucht der Mensch mit seinen verhältnissmässig kleinen Werken Schranken zu setzen und hat, wie im vorliegenden Falle, wenigstens im Einzelnen schon namhafte Erfolge erzielt. *)

In Deutschland sind namentlich zu Zwecken des Bergbaues in früheren Zeiten zahlreiche kleine Sammelteichanlagen ausgeführt worden.

Auf dem nordwestlichen Oberharz ist zu Bergwerkswirken eine Wasserwirtschaft von 67 Teichen, mit zusammen 245,3 *ha* Oberfläche und 9550 000 *cbm* Inhalt, seit mehreren hundert Jahren ausgeführt.

Zur Speisung des sehr wichtigen Saar-Kanales hat man seit einigen Jahren Wasseransammlungen angelegt;

*) Am 1. Juni 1895 Morgens 7 Uhr ist der Stausee im Martellthale zwischen dem Langen- und Zufallferner abermals ausgebrochen; der Durchbruch erfolgte so, dass die Wassermassen langsam und nicht plötzlich abflossen, da das Stollenprofil zum Abfluss der Wassermengen genügte. Es ist keinerlei Schaden im Thale zu verzeichnen.

einige Fabrikanten des Münsterthales ferner haben den See, dem die kleine Fechte entströmt, ca 3,5 *m* hoch angestaut.

In neuerer Zeit sind im Elsass, namentlich in den Vogesen, unter der Oberleitung des Herrn Ministerialrath Fecht Sammelteichanlagen oder Stauweiher, in bedeutenden Dimensionen zur Ausführung gekommen bzw. geplant und zwar:

1. Alfeldsee im Dollerthal, Inhalt 1100 000 *cbm*, Baukostensumme 440 000 *fr.* (Taf. IX, Fig. 3.)
2. Altenweiher, Schiessrothried, Darensee und Forellenweiher im Fechtthale (Inhalt zusammen 2200 000 *cbm*, Anschlagssumme 560 000 *fr.*)
3. Bruchenweiher im Bruchthale (Inhalt 800 000 *cbm*, Kostensumme 600 000 *fr.*)
4. Sammelweiher bei Wildenstein im Thurthale.

Weit abgelegen von den mitteleuropäischen grossen Kohlenbezirken hat sich die gewerbliche Thätigkeit des Oberelsass zuerst da angesiedelt, wo sich die Triebkraft von Bächen und Flüssen mit starkem Gefälle nutzbar machen liess, z. B. in den Gebirgstälern der Vogesen und an der Ausmündung derselben in die Rheinebene. Nun ist aber die Wassersnoth im Oberelsass immer eine Landplage und von altersher die Ursache zu Streitigkeiten zwischen Triebwerksbesitzern und Landwirthen gewesen. Die wirtschaftliche Entwicklung des Landes hat die Ansprüche an die Wassernutzung von Jahr zu Jahr gesteigert, und so ist es gekommen, dass die Schwierigkeit der Vertheilung der Niederwasser in den Vogesenthälern stets zunahm und damit die Streitigkeiten zwischen den verschiedenen Gruppen der Nutzungsberechtigten immer schärfer wurden.

Infolge der geologischen Beschaffenheit des Zuflussgebietes der Vogesenflüsse und der örtlichen Lage derselben sind die oberelsässischen Bäche und Flüsse während des Sommers wasserarm; auch kann nach den angestellten Erörterungen eine Aufforstung der Berge als Maassregel zur Herbeiführung einer wirksamen Aenderung der Abflussverhältnisse bei den in den Vogesen vorliegenden Wirthschaftsbedingungen nicht in Rechnung gesetzt werden.

Verfasser dieses kennt einige solcher Anlagen in den Vogesen theilweise aus eigener Anschauung, besonders den Stauweiher in Schiessrothried oberhalb Metzeral in einem Ausläufer des bei Colmar mündenden Münster-Thales. Die sachgemässe Einrichtung und praktische Ausführung ist nur zu loben. Gegenwärtig sind ausser dem genannten noch die Anlagen am Altenweiher, Forellenweiher und Sulzerer See im Betrieb, und zwar alle vier seit dem Winter 1891/92. Die Gesamtbaukosten betrugen 604 000 *fr.* Die Gesamtkosten f. d. Kubikmeter einmaliger Füllung schwanken zwischen 12 und 50 *Pfg.*

Ueber den Nutzen herrscht bei den elsässischen Industriellen, besonders bei den am meisten in Betracht kommenden Besitzern von Baumwollspinnereien, nur eine Stimme. Es betrug der erzielte Gewinn an nutzbarem Triebwasser für die Sommer-Niederwasserzeit 1892 bei allen vier Stauweihern zusammen 2517 000 *cbm*, welche ohne die Stauanlagen unbenutzt für gewerbliche Zwecke abgeflossen wären. Während des Sommers 1892 sind von den Fabriken des Fecht- und Münster-Thales in Folge dieser reichlichen Wassersicherung

für ihre Triebkraft über 1500000 *kg* Kohlen erspart worden, was einem Gewinn von 32320 *fl.* entspricht. Dazu kommt noch der zu 36000 *fl.* berechnete Nutzen für die Landwirtschaft, indem die Wiesenbesitzer im Fechtthale, denen an Sonn- und gesetzlichen Feiertagen von Alters her das Recht der Wasser-Entnahme zur Wiesen-Bewässerung zusteht, durch reichlichen Wasservorrath während des ganzen Sommers auf 600 *ha* Wiesen je 60 *fl.* mehr an Ertrag erzielen konnten. Für den Gewinn, der durch die Ausnutzung der Winter-Niederwasser erreicht worden ist, liegen noch keine Erfahrungen vor. Dieses gute Ergebniss wird eine weitere Ausdehnung der Stauweiher in den Vogesen zweifellos zur Folge haben.

Es zeigt aber auch, dass dieser Frage in anderen dazu geeigneten Gebirgs-Gegenden nicht genug Beachtung geschenkt werden kann.

Ueber die thatsächliche Ausnutzung eines Stauweihers, z. B. des Alfeldsees, welcher beispielsweise in der Zeit vom 1. Juni bis 30. September 2600000 *cbm* Wasser zur Verstärkung der Niederwasserstände abgeben kann, macht der Erbauer dieser Anlage folgende Angaben:*)

Die Zahl der gewerblichen Anlagen, welche die Verstärkung der Niederwasserstände der Doller ausnutzen können, beträgt 41. Neben einigen Säge- und Mahlmühlen sind es hauptsächlich Fabriken, welche das Wasser als mechanische Triebkraft mit einem Gefälle von etwa 100 *m* ausnutzen. Der Stauweiher kann im ganzen Jahre etwa 3600000 *cbm* Wasser als nutzbare Verstärkung der Niederwasserstände abgeben. Würde diese Wassermenge von den gewerblichen Anlagen allein ausgenutzt, so würden durch dieselben, bei einem Wirkungsgrade der hydraulischen Motoren von 0,75

$$\frac{3600000 \cdot 1000 \cdot 100 \cdot 0,75}{75 \cdot 60 \cdot 60} = 1000000 \text{ Pferdekraft-}$$

stunden geleistet werden, von welchen die gewerblichen Anlagen, da bei ihnen nur während des Tages gearbeitet wird, die Hälfte, also 500000 Pferdestunden verwerthen können. Diese Arbeit hat seither durch Dampfmaschinen geleistet werden müssen. Nimmt man den mittleren Kohlenverbrauch pro Stunde und Pferdekraft zu 4 *kg* an, so würden durch Anlage des Alfeldsees jährlich 2000000 *kg* Kohlen erspart werden können, das ist bei einem mittleren Preise der Kohlen an Ort und Stelle von 14 *fl.* pro 1000 *kg* ein Betrag von 28000 *fl.*

Das Dollerwasser wird aber im Interesse der Industrie, insbesondere zu Färbereizwecken und anderen mit dem Baumwollengewerbe zusammenhängenden chemischen Prozessen benutzt und schätzt man den in dieser Hinsicht aus der Verstärkung der Niederwasserstände erzielten Gewinn auf wahrscheinlich ebenso gross, als den aus der Vermehrung der Triebkraft entspringenden Nutzen.

Auch die Landwirtschaft hat durch die Sicherung der Sommerwässerung der Wiesen eine jährliche Ertrags-

*) H. Fecht, Ueber die Anlage und den Betrieb von Stauweihern in den Vogesen, insbesondere über den Bau des Stauweihers im oberen Fechtthale. (Verlag von Wilhelm Ernst und Sohn, Berlin).

H. Fecht, Die Anlage von Stauweihern in den Vogesen, Zeitschrift für Bauwesen 1889, S. 233 und 529 und 1893.

steigerung, welche zu mindestens 50 *fl.* pro *ha* zu veranschlagen ist, so dass der Gewinn, welcher sich für die Landwirtschaft aus der Ausnutzung des Stauweihers ziehen lässt, zu ca. 50000 *fl.* jährlich angenommen werden kann.

Der jährliche Gesamtgewinn aus der Anlage dieses einen Stauweihers berechnet sich hiernach zu mindestens 80000 *fl.*, so dass die Verzinsung des 440000 *fl.* betragenden Anlagekapitals ca. 18 $\frac{0}{10}$ beträgt. Das finanzielle Ergebniss dieser auf öffentliche Kosten hergestellten und von den Bewohnern der Vogesen als echtes Weltwunder gepriesenen Stauweiher-Anlage ist jedenfalls ein vorzügliches.

Ueber die Beobachtungen, die man bei mehreren in Elsass und Lothringen ca. 250 *m* über dem Meere gelegenen Stauweihern, deren Regengebiet zur Hälfte bewaldet ist, gemacht hat, ist zu bemerken, dass die vom Lande — also der nicht mit Wasser bedeckten Fläche — abfliessende Wassermenge 36 $\frac{0}{10}$ des gesammten Niederschlags beträgt; hierbei entfallen 41 $\frac{0}{10}$ der wirklichen Abflussmenge auf die Zeit vom Januar bis zum März, 21 $\frac{0}{10}$ auf die drei folgenden Monate, 7 $\frac{0}{10}$ auf die Monate Juli bis September und 31 $\frac{0}{10}$ auf die Zeit vom Oktober bis zum Dezember einschliesslich.

Als Wasserverluste in Folge der Verdunstung, welche dort nicht über 60 *cm* beträgt, entfallen 8 $\frac{0}{10}$ auf den Winter, 36 $\frac{0}{10}$ auf das zweite, 44 $\frac{0}{10}$ auf das dritte und endlich 12 $\frac{0}{10}$ auf das vierte Vierteljahr.

Am Alfeld-Sammelweiher im Dollerthal steigt die Verdunstung in den Sommermonaten bis Ende September auf 35 $\frac{0}{10}$ des Niederschlags. Das Regengebiet beträgt 520 *ha*, die grösste Stauhöhe 21,7 *m*, der nutzbare Fassungsraum 110000 *cbm*.

In Preussen sind, soviel bekannt, nur bei Königsberg i. Pr. und bei Remscheid (vgl. Taf. IX), für Zwecke der städtischen Wasserversorgung, Sammelteichanlagen ausgeführt worden. Der Inhalt des für Remscheid im Bornthale angelegten Sammelbeckens beträgt 1000000 *cbm*, der Flächeninhalt der zur Anlage des Weihers nothwendigen Grundstücke 35 *ha*, die grösste Höhe der Sperrmauern ist von der Fundamentsohle bis zur Mauerkrone 25 *m*. Die Länge der Krone der im Grundriss nach einem Kreisbogen von 125 *m* Radius gekrümmten Mauer beträgt rund 160 *m*, die kleinste Dicke in der Krone 4 *m*, die Dicke der Fundamentsohle 15 *m*. Um möglichst vorthellhaft die Kraftwirkungen aufzunehmen, deren Resultirende bei leerem Thalkessel vertikal gerichtet ist, und bei vollem Thalkessel um etwa 25 ^{0} von der Vertikalen nach aussen abweicht, sind die Mauerschichten in solcher Neigung ausgeführt, dass die genannten Kräfte überall fast genau rechtwinklig zu diesen Schichten stehen. Hierdurch wird in einfachster Weise einer Verschiebung der Mauerschichten über einander entgegengewirkt, ohne dass die Bindekraft des Mörtels gegen Abscheerungen im horizontalen Sinne in Anspruch genommen wird.

Die Fundamente*) der Sperrmauer sind überall einige

*) S. Festschrift für die XXXIV. Hauptversammlung des Vereins Deutscher Ingenieure, herausgegeben von dem Bergischen Bezirks-Verein 1893, ferner Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1895, die Erweiterung des Remscheider Wasserwerks betr.

Meter tief in den Felsen eingelassen, bis geschlossener fester Felsen angetroffen wurde. Nachdem alle Fugen des Felsens durch einen Wasserstrahl unter 10 *m* Druck ausgespritzt und der Felsen in der Fundamentsohle rein abgewaschen war, wurden alle Fugen mit Portland-Zement ausgegossen und alle feinen Wasseradern auf das Sorgfältigste abgedichtet, so dass der an und für sich geringe Wasserzufluss der ganzen Baugrube schliesslich auf zwei kleine Quellen zusammengedrängt wurde, welche, zunächst in Röhren gefasst, abgeleitet und während der Ummauerung hochgenommen wurden, bis der allmählich nachlassende Wasserzudrang durch dieselben innerhalb des umgebenden, genügend erhärteten Mauerwerks den vollständigen Abschluss derselben durch Vergiessen und Ummauern gestattete.

Die unvermeidlichen, für einen sicheren und dichten Maueranschluss aber erwünschten Unregelmässigkeiten der Felssohle wurden nach vollständiger Reinigung der Felsoberfläche zunächst an den Enden mit sehr gutem Zementbeton ausgeglichen, um nach dessen Erhärtung die untersten Bruchsteinschichten in der vorhin angedeuteten vortheilhaften Neigung ansetzen zu können. Hierbei wurde bis zur Felsoberfläche hinauf die über die erforderliche Konstruktionsbreite etwas hinausgehende Breite des dichten und festen Anschlusses wegen voll ausgemauert, zum Theil in eine Tiefe von 2 bis 2,5 *m* unter Felsoberfläche hinunterreichend.

Durch die im Grundriss nach einem Kreisbogen ausgeführte Gewölbeform der Mauerung, welche an die entsprechenden Felsabsätze der Thalhänge wie gegen ein festes Widerlager sich setzt, soll bei eintretendem Wasserdruck eine feste Verspannung bzw. Abdichtung gegen die Felswände und eine Dichtung der Fugen im Mauerwerk selbst angestrebt werden. Diese Gewölbewirkung, auf welche bei Ermittlung der Standfähigkeit der Mauer aus Vorsicht keine Rücksicht genommen wurde, könnte für sich allein, und zwar mit etwa 12 *kg* Druck pro *qcm* den vollen Wasserdruck aufnehmen, was mit Rücksicht auf die Festigkeit der angewandten Materialien noch eine sehr grosse Sicherheit gewähren würde.

Für eine möglichst gute Abdichtung des Mauerwerks an der Wasserseite sind besondere Vorsichtsmaassregeln zur Anwendung gelangt, da es erfahrungsmässig bisher noch nicht gelungen ist, gewaltige Mauermassen gegen hohen Druck im Ganzen von vornherein so dicht zu bekommen, dass nicht Durchsickerungen des Wassers sich gezeigt hätten. Ausser der Verwendung eines als durchaus dicht erprobten Trass-Mörtels ist an der Wasserseite der Sperrmauer ein Zementmörtelverputz bis zum Anschluss an den festen Felsen herunter ausgeführt und mit einem zweimaligen Anstrich aus Goudron und Holzzement versehen worden, um hier alle Poren gegen das Eindringen von Wasser möglichst sorgfältig zu schliessen.

Damit nun dieses Dichtungsmittel nicht durch Wasser, Frost und Hitze leidet, ist der genannte Ueberzug in der Nähe der Thalsohle durch sorgfältige Anstampfung des besten, aus den Fundamenten für die Mauer ausgehobenen Bodens geschützt und in den oberen Theilen, welche dem unmittelbaren Angriff des Wassers und der Luft ausgesetzt sind, durch eine mit Verzahnung in die Mauer eingreifende,

im Mittel 0,5 *m* dicke Verblendung aus Ziegeln in Zementmörtel bekleidet worden.

Die Entlastung des Thalbeckens geschieht an dem rechten Thallange durch einen Ueberlauf von 20 *m* Kronlänge. Durch diesen Ueberlauf können in einer Stunde ca 200 000 *cbm* Wasser abgeführt werden, während die grösste beobachtete Wasserabflussmenge in 24 Stunden 252 500 *cbm* betrug.

Zur Sicherung gegen treibende Gegenstände, wie Baumstämme und Eisschollen, sind eisbrecherartige Eisenkonstruktionen über dem Ablaufkanal angeordnet, so dass dem überschüssenden Wasser nach unten freier Abfluss gelassen wird.

Endlich ist noch zur grösseren Vorsicht an beiden Thalhängen die Brüstungsmauer an der Mauerkrone auf im Ganzen etwa 40 *m* Länge fortgelassen, so dass bei etwa eintretenden Ueberluthung der Mauerkrone die überlaufenden Wassermengen dort herunterstürzen und an den Thalhängen herunterlaufen können.

Eine Gefährdung der Mauer selbst ist durch ein Ueberlaufen des Wassers in der ganzen Kronlänge bis zur Thalsohle herunter nicht zu befürchten, weil dieselbe am Fusse, wie schon erwähnt, auf 2 bis 2,5 *m* Tiefe in den festen Felsen eingelassen ist.

Von dem hinter der Sperrmauer aufgefangenen Wasser erhält die Stadt Remscheid für ihr Wasserwerk das beste Wasser, ferner liefert dieselbe für 26 industrielle Anlagen das Aufschlagwasser. Diese vom Mai 1889 bis September 1891 mit einem Kostenaufwande von 350 000 *ℳ* (ohne Grunderwerb) ausgeführte Thalsperre staut das Wasser eines Niederschlagsgebietes von 4,5 *qkm* auf.

Die Thalsperre im Eschbachthale ist zweifelsohne eine der meistgenannten Ingenieur-Anlagen des letzten Jahrzehntes in Deutschland geworden, wichtig für die Stadt Remscheid und ihre industrielle Entwicklung, wichtig aber auch für weite Kreise als Vorbild für andere Grosswasserbehälter zur Verbesserung der Wasserverhältnisse von Flussläufen, insbesondere von Gebirgsflüssen in industriellen Gegenden.

Namentlich seit man in Preussen — und zwar angeregt durch den Erfolg der Stadt Remscheid im Eschbachthale — Gesetze zur Bildung von Zwangsgenossenschaften zu diesem Zwecke erlassen hat, sind an vielen Orten Behörden und Interessenten an der Arbeit, den Bau von Thalsperren in den Gebieten der Wupper, Lenne und Volme vorzubereiten.

Der Erbauer der Remscheider Thalsperre, Prof. Intze in Aachen, ist von den Interessenten an der Wupper auch mit den Vorarbeiten für die im Gebiete des oberen Wupperlaufes beabsichtigten Thalsperren im Brucher- und Beverthale betraut. Dieselben sollen einen Rauminhalt von 750 000 beziehungsweise 300 000 *cbm* erhalten und würden in der Lage sein, der Wupper zu dem jetzigen Minimum von 600 Sekundenlitern noch 3600 Sekundenliter zuzuführen, das Niedrigwasser der Wupper also auf das Siebenfache zu erhöhen.

Die Anlagekosten beider Thalsperren sind auf 1 400 000 *ℳ* berechnet, die Jahresausgaben einschliesslich Verzinsung und Amortisation auf 70 000 *ℳ*.

Es ist zu erhoffen, dass diese Anlagen bald zu Stande

kommen; dem Wupperthale würde dadurch neue Lebenskraft zugeführt und die Wupper auch wieder ein besseres Bild im Sommer erhalten.

Die Remscheider Thalsperre erhält ferner eine Nachfolgerin in der für das Wasserwerk der alten Bergstadt Lennep im Bau begriffenen Thalsperre im Panzerthale, einem Seitenthale des Lennepbaches.

Dieses Becken erhält 117 000 *cbm* Inhalt und soll 83 000 *M* kosten, es hat den Zweck, Lennep und wahrscheinlich auch Lüttringhausen mit Wasser zu versorgen.

Die unterhalb liegenden Werke am Lennep Bache erhalten das Wasser auf dem Umwege über Lennep als durch Berieselung gereinigtes Abwasser wieder, werden also nicht geschädigt.

Die Absperrmauer wird in der Mitte 12,50 *m* hoch, ihre Dicke beträgt unten 7,50 *m*, oben 1,50 *m*, 4,50 *m* unter der Krone 3,10 *m*. Thalabwärts wird gegen die Mauer noch ein Erddamm geschüttet, welcher eine als Fahrweg benutzte Kronenbreite von 6 *m* hat. Die obere Länge der Mauer ist 115 *m*. Die grösste Wassertiefe beträgt 10 *m*.

Diese Thalsperre ist im Bau begriffen und soll im Jahre 1895 vollendet werden.

Was die Güte des Wassers betrifft, so haben, dem Vernehmen nach, die chemisch-analytischen Befunde ergeben, dass das Wasser aus der geplanten Iserlohner, aus der im Bau begriffenen Altenaer, sowie aus der bereits im Betriebe befindlichen Remscheider Thalsperre den Vorzug vor dem Leitungswasser der Nachbarstädte Barmen, Bochum, Duisburg, Elberfeld, Essen verdienen soll. Dazu stellt sich der Preis f. d. *cbm* Wasser aus der Thalsperre gegenüber den bis jetzt vorhandenen Wassergewinnungsanlagen wesentlich billiger und fällt derselbe noch ganz bedeutend mit dem Fortschreiten der Amortisation des Anlagekapitals. Es ist erklärlich, dass bei diesen Vortheilen der Thalsperre dieses System der Wassergewinnung bei städtischen Behörden immer mehr Anhänger findet.

In Bezug auf diesen Punkt sei jedoch die Bemerkung gestattet, dass in Deutschland in vielen Gegenden gewisse Abneigung gegen die Versorgung mit Wasser aus Sammelteichen besteht. Ohne Filtration kann dasselbe jedenfalls nicht in Wettbewerb mit gutem Grund- oder Quellwasser treten und die Filteranlagen sind in der Regel eine kostspielige Zugabe des Wasserwerkes. In England, wo die Versorgung aus Sammelteichen vielfach vorkommt, ist die Beschaffenheit des Wassers an sich im Durchschnitt viel weniger gut als in Deutschland; ohne Filtration ist es wirklich geniessbar wohl nur in Ausnahmefällen. Neuerdings geht man in England, wenn möglich, zur Grundwassergewinnung über; doch sind die Verhältnisse für die Gewinnung desselben weniger günstig als bei uns.

In Sachsen, woselbst schon vor mehreren Jahrhunderten die Freiburger Sammelteiche zu Bergwerkszwecken*) angelegt

worden sind, ist in neuester Zeit in einem Seitenthale des Zwönitzbaches bei Einsiedel eine Thalsperre zur Wasserversorgung der jetzt 150 000 Einwohner zählenden Stadt Chemnitz erbaut worden. Durch die 180 *m* lange Thalsperrmauer wird das in diesem Thale abfliessende Wasser gesammelt, so dass die z. Zt. bestehende ältere Wasserversorgungsanlage ergänzt und der Mehrbedarf an Wasser in den Sommermonaten gedeckt werden kann. Das gebildete Sammelbecken hat 360 000 *cbm* Fassungsraum. Das Niederschlagsgebiet beträgt für dieses Sammelbecken zusammen 270 *ha* mit einer beobachteten Abflussmenge von durchschnittlich jährlich 800 000 *cbm*. Der grösste Theil dieses Gebietes ist bewaldet, eine Verunreinigung des abfliessenden Wassers bei starken Niederschlägen durch abgospültes Ackerland ist nicht zu befürchten, auch jede andere Verunreinigung scheint ausgeschlossen; trotzdem wird das gesammelte Wasser in 3 überwölbten Filtern mit zusammen 2040 *qm* Filterfläche gereinigt.

Die grösste Wassertiefe des Beckens ist 18,75 *m*, die Wasseroberfläche beträgt 4 *ha*. (Vgl. Taf. IX.)

Diese Anlage wurde in den Jahren 1891 bis 1893 unter der Leitung der Herren Stadtbaurath Hechler und Wasserdirektor Nau mit einem Kostenaufwand (einschliesslich aller Nebenanlagen) von 1 250 000 *M* erbaut.*)

Auch in den letzten Jahren ist der Wunsch einer baldigen Regelung der Wasserverhältnisse durch Stauanlagen im Gottliebthale und im Flussgebiete der Weisseritz wiedergekehrt und es sind in Folge dessen grössere Thalsperr-Projekte für die Gottliebthale bei Bergisch-Hübel und für die Weisseritz in den Thälern der rothen und weissen Weisseritz bearbeitet worden.

Im Gebiete des Gottliebthales, in welchem man ausser dem bereits ausgenutzten Gefälle ein weiteres von 100 *m* aufzuschliessen beabsichtigt, ist vorläufig eine 230 *m* lange, 24 *m* hohe Sperrmauer oberhalb des Hammergutes Haselberg geplant. Auch hier sollen durch den Einbau von Thalsperren Sammelbecken in den verschiedenen Flussläufen geschaffen werden, in welchen das ungleichmässig zufließende Wasser aufgenommen und in geregelter, thunlichst stets gleichbleibender Menge abgelassen wird.

Zur Regelung des Ablaufes aus dem Gebiete der rothen Weisseritz ist eine Thalsperre bei Malter in Höhe von 300 *m* über Ostseespiegel und ein Teich bei Grossölsa in Höhe von 315 *m* vorgesehen. Das Ablaufwasser der wilden Weisseritz wird in einer Thalsperre bei der Klingenberger Hintermühle (350 *m*) und in einer Thalsperre bei der Dorfhainer Ochsenmühle (290 *m*) gesammelt, in welches Becken zugleich durch Gräben das überflüssige Wasser des Serren- und des Höckenbaches geleitet wird.

Ausser diesen Thalsperren sind noch 4 Stauweiher, je einer ober- und unterhalb der Schellerhauer Buschmühle, ein Stauweiher über der Obergäbeler Putzmühle und ein Teich unterhalb Bärenfels im Pöbelthale geplant.

*) Zum Freiburger Bergbau gehören:

1) Der Dittmannsdorfer	Teich mit 10,5 <i>m</i> Dammhöhe u.	503 000 <i>cbm</i> Inhalt
2) „ Dörnthaler	„ „ 16,4 „ „	1215 000 „ „
3) „ Obersaidaer	„ „ 6,6 „ „	128 000 „ „
4) „ obere Grosshartmannsd.	„ „ 11,8 „ „	563 000 „ „
5) „ mittlere	„ „ 9,2 „ „	316 000 „ „
6) „ untere	„ „ 8,3 „ „	1683 000 „ „

7) Der Gelobt Lander-Teich mit 2,6 <i>m</i> Dammhöhe und 18 000 <i>cbm</i> Inhalt
8) „ Erzenzler „ „ 5,9 „ „ „ 113 000 „ „
9) „ Rothbächer „ „ 3,9 „ „ „ 15 000 „ „
10) „ Hütten- „ „ 7,8 „ „ „ 349 000 „ „
11) „ Lother- „ „ 5,5 „ „ „ 44 000 „ „

*) Vgl. Deutsche Bauzeitung 1894, Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure 1894, Nr. 33 etc.

Die gleichzeitig mit vorzusehende Wasserversorgung des Plauenschen Grundes ist in der Weise geplant, dass das Wasserleitungswasser der untersten Thalsperre im Thale der wilden Weisseritz entnommen, und mittelst eines für 100 Sekundenliter berechneten Rohres von hier ab durch den Plauenschen Grund bis nach Löbtau geführt wird, so dass jede Gemeinde sich an dasselbe anbinden und demselben ihr Wasserleitungswasser entnehmen kann. —

Die Kosten der Sammelteichanlagen belaufen sich in der Regel nach den örtlichen Verhältnissen auf je 30 bis 92 δ f. d. *cbm* nutzbaren Inhalts; dieselben richten sich hauptsächlich nach dem Fassungsraum und den Gründungsverhältnissen. Beim Alfeldsee kam ein Cubikmeter nutzbarer Raum auf 40 δ , bei den Sammelbecken bei Furens auf 92 δ , bei dem im Pas de Riot auf 76 δ , bei St. Chamon auf 43 δ , bei Bouzey auf 58 δ , bei der Gileppe-Thalsperre auf 32 δ , bei der Eschbachthalsperre bei Remscheid auf 30 δ zu stehen; bei der mit grösster Solidität ausgeführten Thalsperre zu Einsiedel bei Chemnitz stellten sich die Kosten per Kubikmeter nutzbaren Inhalts des Stauweihers auf 3 $\mathcal{M}$ 45 δ (einschliesslich der Kosten für die Filteranlagen). —

Beim Bau der deutschen Thalsperren sind die an anderen Orten gemachten Erfahrungen in sachgemässester Weise benützt worden, so dass man wohl sagen kann, dass unsere deutschen Thalsperren vor Katastrophen gleich der von Bouzey etc. nach menschlichem Ermessen geschützt bleiben werden. —

Unter den zur Zeit bestehenden gesetzlichen Verhältnissen ist es leider in vielen deutschen Staaten fast unmöglich, auf dem Wege der Selbsthilfe Verbesserungen an den Flussläufen durch Anlage von Thalsperren zu treffen, weil es z. Zt. noch an einem Wassergesetze mangelt, welches den Kreis der Interessenten an einem Flusslaufe, die Rechte derselben und deren gemeinsame Verpflichtung zur Unterhaltung und Verbesserung derselben feststellt, sowie die Bildung von Zwangs-genossenschaften für die einzelnen Flussläufe vorsieht und damit die nothwendige Grundlage für durchgreifende Verbesserungen schafft.

• Dagegen verallgemeinert der im vergangenen Jahre veröffentlichte Entwurf des Preussischen Wassergesetzes die seither für das Gebiet der Wupper und deren Nebenflüsse gültigen Bestimmungen über die „Genossenschaften zur Anlage und Benutzung von Sammelbecken“ und erhebt dieselben zu einer für die ganze preussische Monarchie gültigen Norm.

Dieser Entwurf schreibt vor, dass widersprechenden Eigenthümern gegenüber der Eintritt in eine neu zu bildende Genossenschaft zur Anlegung, Benutzung und Unterhaltung von Sammelbecken für gewerbliche Anlagen **erzwungen** werden kann, wenn:

1. das Unternehmen eine bessere Ausnutzung der gewerblichen Triebkraft von Wasserläufen oder eine bessere Ausnutzung des Wassers zu sonstigen gewerblichen Zwecken verfolgt,
2. das Unternehmen nur bei Ausdehnung auf die im Eigenthume der Widersprechenden befindlichen ge-

Civilingenieur LXI.

werblichen Anlagen zweckmässig ausgeführt werden kann, und

3. diejenigen Betheiligten, welche sich für das Unternehmen erklärt haben, eine Mehrheit des in den Voranschlägen (§ 230, Ziffer 5) ermittelten Vortheiles vertreten.

Bei der unter Ziffer 3 erwähnten Abstimmung können nur die Eigenthümer der bei dem Unternehmen zu betheiligenden gewerblichen Anlagen mitwirken.

Hinsichtlich solcher gewerblicher Anlagen, für welche nach der Art des Betriebes das Unternehmen eine erhöhte Ertragsfähigkeit nicht in Aussicht stellt, findet ein Zwang zum Eintritte nicht statt.

Eigenthümer von gewerblichen Anlagen, welche nach Begründung der Genossenschaft den Betrieb der Anlage auf die Benutzung der Sammelbecken oder der aus den Sammelbecken fliessenden Wasserläufe einrichten, dürfen, soweit die bessere Benutzung durch das genossenschaftliche Unternehmen möglich geworden ist, das Wasser erst benutzen, nachdem sie der Genossenschaft beigetreten sind.

Eigenthümer von gewerblichen Anlagen der im ersten Absatze bezeichneten Art können, auch ohne Genossen zu sein, mit Beiträgen zu den Genossenschaftslasten herangezogen werden. Die Höhe der Beiträge richtet sich nach dem Vortheile, welchen der Eigenthümer der Anlage in Folge der Anlegung des Sammelbeckens gegen den früheren Zustand mehr erzielen kann.

Die Genossenschaft ist verpflichtet, die Eigenthümer der im § 223 bezeichneten Anlagen auf ihr Verlangen in die Genossenschaft aufzunehmen, wenn die genossenschaftlichen Anlagen bei entsprechender Einrichtung hinreichen, um ohne Nachtheil für die bereits vorhandenen Genossen den gemeinsamen Bedürfnissen zu entsprechen.

Der neu hinzutretende Genosse hat jedoch der Genossenschaft einen entsprechenden Antheil an den Herstellungs- und Unterhaltungskosten zu zahlen. Auch hat er die durch die Mitbenutzung der genossenschaftlichen Anlagen erwachsenen besonderen Kosten zu tragen.

Ein Genosse, welcher durch Erweiterung oder Verbesserung einer vorhandenen oder durch Errichtung einer neuen Anlage eine grössere Benutzung der Sammelbecken oder der aus ihnen fliessenden Wasserläufe bewirkt, kann mit einem dem grösseren Vortheile entsprechenden höheren Beiträge zu den Genossenschaftslasten herangezogen werden, falls die bessere Benutzung ganz oder theilweise durch das genossenschaftliche Unternehmen möglich geworden ist.

Die Genossenschaft ist verpflichtet, zum Schutze der unterhalb der Sammelbecken liegenden Grundstücke und Baulichkeiten diejenigen Sicherheitsmassregeln zu treffen, welche die Aufsichtsbehörde für nothwendig erachtet.

Im Falle einer Säumniss der Genossenschaft kann die Aufsichtsbehörde, abgesehen von den ihr nach § 191 zustehenden Zwangsmitteln, das verfügbare Vermögen der Genossenschaft im Wege des Verwaltungszwangsverfahrens zur Deckung der vorläufig festgesetzten Ausführungskosten heranziehen. —

In Sachsen ist zur Zeit noch keine Anlage von Sammelbecken zum Zwecke der Verstärkung der Niederwasser-

stände der Flüsse im Interesse einer wirksameren Ausnutzung derselben vorhanden; für die sächsischen Flüsse ist die wichtigste Rolle, welche Stauweiher spielen können, nach diesseitigem Dafürhalten diejenige für gewerbliche Zwecke zur Vergrösserung der Nutzleistung bez. der mechanischen Arbeit derselben; indessen werden auch kleinere Anlagen in unseren Gebirgsgegenden zur Erhöhung der Erträge des Wiesenbaues an manchen Stellen mit Vortheil anzulegen sein, obschon bei der günstigen Vertheilung der Niederschläge über die Wachstumsperiode unserer Pflanzen in unserem gemässigten Klima Sammelteiche für Bewässerungszwecke nicht die Bedeutung gewinnen werden wie in heissen Gegenden.

Hoffentlich gelingt es unter dem Schutze zweckmässiger Gesetzesbestimmungen auch in den Quellgebieten der sächsischen Flüsse durch systematische Anlagen von Sammel-

teichen gleichsam die Quellen des segensreichen Elementes zur Zeit der Dürre zu vermehren und die Abflussmengen der zugehörigen Wasserläufe, welche oft als Entwässerungskanäle von den anliegenden Fabriken und Haushaltungen benutzt werden, zu vergrössern und die Schwankungen des Ablaufes zu regeln.

Die gewerblichen Zwecke in eventueller Verbindung mit der Steigerung der Niederwassermengen der kleineren Flüsse, wodurch beispielsweise die Abwässerung der anliegenden Ortschaften wesentlich mit gefördert und bei günstigen lokalen Verhältnissen in einzelnen Fällen auch die Wasserversorgung der anstossenden oder tiefer liegenden Gemeinden geschaffen werden kann —, sind von so grosser Bedeutung, dass man schon ihrehalb der Anlage von Stauweihern aufs Wärmste das Wort reden möchte. —

Das Problem der Laval'schen Turbinenwelle.

Von A. Föppl in München.

Bei Wellen, die einige Tausend Umdrehungen in der Minute machen, verursachen die nicht ausgeglichenen Zentrifugalkräfte, die in Folge unvermeidlicher Ungenauigkeiten in der Zentrirung der auf den Wellen sitzenden Rotationskörper auftreten, ganz bedeutende Stösse. Um diese zu vermeiden, hat man bei Zentrifugen schon seit einigen Jahren die Wellen an Kugelgelenken aufgehängt, so dass sie sich von selbst so einstellen können, dass die Drehachse eine freie Achse bildet. Die Theorie dieser Anordnung ist sehr einfach und bedarf hier keiner Besprechung.

Erheblich verwickelter ist das Problem der Laval'schen Turbinenwelle, von dem ich hier eine Lösung geben will. Die Laval'schen Dampfturbinen unterscheiden sich von den gewöhnlichen Wasserturbinen im Wesentlichen (soweit wenigstens, als unsere Betrachtung davon berührt wird) nur dadurch, dass die unter hohem Druck zugeleitete motorische Flüssigkeit Dampf ist. Bei gleichem Druck ist aber die Geschwindigkeit eines ausströmenden Dampfstrahles viel grösser als die Ausflussgeschwindigkeit des Wassers und in demselben Verhältniss muss daher die Dampfturbine schneller umlaufen als die Wasserturbine. In der That ist man bei Dampfturbinen bis auf 30 000 Umdrehungen in der Minute hinaufgegangen. Es wäre wohl ganz unmöglich, einen so schnell rotirenden Körper genau genug zu zentriren, um einen hinreichend ruhigen Gang zu erzielen, wenn man das Schleudern der Welle nicht in ähnlicher Weise wie bei den vorher erwähnten Zentrifugen vermeiden könnte.

Das ist nun bei den Laval'schen Turbinen dadurch gelungen, dass man die Welle sehr schwach machte, so dass sie dem Ausbiegen nur einen geringen Widerstand entgegensetzt und daher dem Rotationskörper leicht eine kleine Verschiebung in der zur Wellenachse senkrechten Ebene gestattet. Der Rotationskörper kann sich dann auch wieder ungefähr so einstellen, dass die Rotationsachse mit der Hauptträgheitsachse zusammenfällt. Dies Alles ist nun zwar sehr einfach einzusehen; schwieriger ist dagegen die Frage, ob und wann ein solches Einstellen des Rotationskörpers wirklich zu erwarten ist.

Ehe ich darauf näher eingehe, möchte ich noch erwähnen, wie ich selbst dazu kam, mich mit diesem Problem zu beschäftigen, das mir ja an und für sich nicht gerade sehr nahe gelegen hätte. Herr Ingenieur Klein, Assistent an der hiesigen technischen Hochschule, hielt vor einiger

Zeit im Bezirksverein des Vereins Deutscher Ingenieure einen Vortrag über die Laval'sche Dampfturbine, wobei er auch das Selbsteinstellen des Drehkörpers auf der schwanken Welle zur Sprache brachte. In einer sich daran anschliessenden Besprechung wurde die Selbsteinstellung von sehr tüchtigen und erfahrenen Ingenieuren bezweifelt. Die Gründe, die dagegen geltend gemacht wurden, waren in der That dem ersten Anscheine nach ganz berechtigt und als mir Herr Klein einige Tage später Mittheilung von dieser ganzen Angelegenheit machte, konnte ich mich ihrem Gewicht anfänglich auch nicht entziehen und nahm daher an, dass die Sache doch einen anderen Zusammenhang haben müsse, als er mir von Herrn Klein geschildert war.

Man denke sich nämlich zunächst die Welle gerade und den Drehkörper exzentrisch aufgekeilt. Wenn die Welle in dieser Stellung rotirt, haben wir an dem Körper eine unausgeglichene Zentrifugalkraft, die am Schwerpunkt wirkt und nach aussen hin geht. Die Welle muss sich daher jetzt ausbiegen, aber nicht etwa so, dass die Exzentrizität dadurch vermindert würde, sondern im entgegengesetzten Sinne. Das Schleudern müsste daher durch die Biegsamkeit der Welle noch verstärkt werden.

Gegen diese Schlüsse an sich kann man natürlich nichts einwenden; sie sind vollkommen korrekt und es fragt sich nur, ob die als Ausgangspunkt gewählte Stellung des rotirenden Körpers mit unverbogener Welle überhaupt vorkommt. Es wird sich nachher zeigen, dass in dieser Annahme, die Welle könne einmal während der Rotirung des Körpers unverbogen sein, der Fehler dieser Betrachtung liegt.

Zunächst erkannte ich, wie gesagt, diesen Fehler selbst nicht und da Herr Klein auch von anderer Seite keine ihm befriedigende Auskunft erhalten konnte, entschloss er sich rasch, an die höchste Autorität in diesen Dingen, nämlich an die Erfahrung zu appelliren. Die mit einem Rotationsapparate des hiesigen physikalischen Laboratoriums ausgeführten Versuche zeigten ihm in der That sehr schön die Selbsteinstellung eines Rotationskörpers auf einer schwanken (beiderseits unterstützten) Welle. Zugleich ergab sich ferner, dass die Umdrehungsgeschwindigkeit einen gewissen Minimalwerth haben muss, wenn dieser Erfolg eintreten soll. Ueberlässt man den einmal angetriebenen

Drehkörper sich selbst, so läuft er Anfangs ganz ruhig, sowie aber die Umdrehungsgeschwindigkeit allmählich auf einen gewissen Werth gesunken ist, tritt ein sehr starkes Schleudern ein. Ich will die Umdrehungsgeschwindigkeit, bei welcher der ruhige Gang aufhört, in der Folge als die kritische Geschwindigkeit bezeichnen; ihr Werth wird sich aus der später folgenden Analyse ergeben.

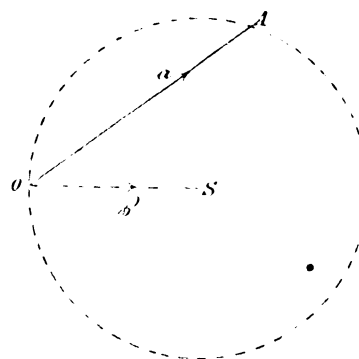
Nachdem mir Herr Klein seine Versuche vorgeführt und meine anfänglichen Zweifel dadurch beseitigt hatte, hielt ich es für eine Ehrenpflicht, dieser Sache auf den Grund zu kommen und nach längerer, mühsamer Arbeit ist mir dies auch so weit gelungen, dass ich die Theorie des Vorganges wenigstens in ihren Hauptzügen darzustellen vermag. Zugleich ist mir dies eine willkommene Gelegenheit, den Nutzen des Rechnens mit Vektorgrössen an einem immerhin recht bemerkenswerthen Beispiele zu zeigen. Als ich in meinem Buche über die Maxwell'sche Elektrizitätslehre, das im vorigen Jahre erschien, den Versuch gemacht hatte, diese unvergleichlich elegantere und bequemere Methode an Stelle des Rechnens mit Koordinaten und Komponenten auch in Deutschland einzuführen, wurde von meinen Kritikern und zwar gerade auch von solchen, die sich wirklich die Mühe genommen hatten, das Buch näher zu studiren, mehrfach die Meinung vertreten, dass es sich dabei nur um eine Vereinfachung im Anschreiben der Gleichungen, aber nicht um eine Vereinfachung des Gedankenganges handle. Wenn dieser Einwand begründet wäre, würde es sich in der That nicht verlohnen, die ältere Darstellung durch die neuere zu ersetzen. So gewiss aber als die einfachere Schreibweise a^n für $a \cdot a \cdot a \dots n$ mal erst zur Lehre von den Logarithmen u. s. w. zu führen vermochte, so gewiss wird auch durch das unmittelbare Rechnen mit den Vektorgrössen anstatt mit ihren Komponenten eine tiefere Einsicht angebahnt. Wie einst die Mechanik den Hauptanstoß zur Begründung der Differentialrechnung gegeben hat, so wird sie durch konsequente Verwerthung des Vektorbegriffs in der Folge die Mathematik zur weiteren Ausgestaltung der Theorie der gerichteten Grössen führen. Auf diesem Gebiete sind ohne Zweifel noch grosse Schätze zu heben. Einstweilen möge man aus dem hier vorzuführenden Beispiele entnehmen, dass das Rechnen mit Vektorgrössen schon jetzt einen grossen Nutzen gewährt. Ich brauche wohl kaum ausdrücklich hinzuzufügen, dass ich die Lösung nicht etwa erst auf dem älteren, umständlichen Wege gefunden und sie nachträglich in die neue Schreibweise transponirt habe, sondern dass ich von vornherein die Aufgabe mit den Vektorgrössen in Angriff nahm.

Meine Darstellung zerfällt in zwei Theile, von denen der erste eine elementare Betrachtung ohne jede Rechnung bildet, aus der sich schon einigermaßen übersehen lässt, wie sich der Vorgang ungefähr abspielt und einen zweiten Theil, der das Problem mehr an der Wurzel anfasst und die kritische Geschwindigkeit zu bestimmen gestattet. Den ersten Theil wird jeder in der Praxis stehende Ingenieur mit Nutzen lesen können; der zweite Theil ist allerdings mehr für Kenner bestimmt; das Hauptergebniss, nämlich die Bestimmung der kritischen Geschwindigkeit, dürfte aber auch für weitere Kreise der Techniker von Werth sein.

Erster Theil.

Herr Klein fand bei seinen Versuchen, dass es bei sehr schnellem Antrieb des Rotationskörpers von der Ruhelage aus sofort gelingt, diesen zu einem ruhigen Gang zu bringen. Treibt man ihn dagegen etwas langsamer an, so fängt er zuerst zu schleudern an. Man muss dann die dünne Welle zwischen den Fingern etwas führen und darf sie erst loslassen, nachdem schon eine grössere Geschwindigkeit erreicht ist. Ohne diese Vorsichtsmassregel würde es in diesem zweiten Falle überhaupt nicht gelingen, den ruhigen Gang herbeizuführen. Man hätte vielmehr zu befürchten, dass wegen der sich fortwährend vergrössernden Ausbiegung und der damit wachsenden Zentrifugalkraft ein Bruch eintrete, m. a. W. der Drehkörper verhält sich in diesem Falle wirklich so, wie aus der im Eingange der Abhandlung erwähnten Betrachtung zu schliessen ist. Bei sehr raschem Antrieb tritt diese Erscheinung aber nicht ein. Wir wollen daher diesen Fall des schnellen Antriebes zuerst näher untersuchen.

Bei allen folgenden Betrachtungen haben wir stets drei Punkte in der Projektion des Drehkörpers auf eine zur Wellenmittellinie senkrechte Ebene im Auge zu behalten (vergl. die nachstehende Abbildung).



Der erste Punkt wird von der Projektion der beiden Zapfenmittelpunkte gebildet und sei mit O bezeichnet; er liegt fest in der Projektionsebene. Der zweite Punkt S ist die Projektion des Körperschwerpunktes und der dritte Punkt A entspricht der Befestigungsstelle der Wellenmittellinie am Drehkörper. Die augenblickliche Lage des Drehkörpers wird beschrieben, wenn wir vom festen Punkte O aus zwei Radienvektoren $\mathfrak{s}$ und $\mathfrak{a}$ nach dem Schwerpunkte S und dem Befestigungspunkte A ziehen und diese nach Grösse und Richtung angeben. In der Ruhelage (also bei unverbogener Welle) ist $\mathfrak{a} = \mathfrak{o}$ und $\mathfrak{s}$ hat die Grösse der Exzentrizität, dabei beliebige Richtung. Während des Umlaufs ist der Abstand der Endpunkte von $\mathfrak{s}$ und $\mathfrak{a}$ gleich der Exzentrizität, d. h. $\mathfrak{s} - \mathfrak{a}$ hat eine konstante Länge.

Man nehme nun an, dass der Körper vorher in Ruhe war und dass er plötzlich sehr schnell angetrieben wird. Der Antrieb erfolgt dadurch, dass wir ein entsprechend grosses Drehmoment durch die Welle auf den Drehkörper übertragen. Man weiss aber, dass ein Drehmoment oder mit anderen Worten ein Kräftepaar nur eine Drehung

des Körpers um den Schwerpunkt, aber keine Bewegung des Schwerpunktes selbst hervorzubringen vermag. Wenn zunächst S in Ruhe bleibt, der Körper aber sich zu drehen beginnt, wird der Befestigungspunkt A , der ursprünglich mit dem festen Punkte O zusammenfiel, eine kreisförmige Bewegung um den Schwerpunkt S ausführen. Wenn im Verlaufe dieser Bewegung A etwa in die in der Abbildung gezeichnete Stellung übergegangen ist, wird wegen der entstandenen Ausbiegung α der Welle jetzt ausser dem Drehmoment auch noch eine Kraft in der Richtung AO d. h. in der Richtung $-\alpha$ auf den Drehkörper übertragen, die von der Biegeelastizität der Welle herrührt und daher der Grösse von α proportional ist. Ich nehme aber jetzt an, dass das Drehmoment sehr viel grösser ist als diese Kraft, wenn man beide in ihrem Erfolge auf die Bewegung des ganzen Körpers mit einander vergleicht. Unter dieser Voraussetzung wird etwa der Punkt A mehrere Umläufe um den Punkt S ausführen können, ehe der Punkt S unter dem Einflusse der elastischen Kraft sich merklich zu verschieben beginnt. Durch eine genügend grosse Wahl des Drehmomentes lässt sich dies jedenfalls stets erreichen.

Betrachten wir nun die Einwirkung der elastischen Kraft auf die Bewegung des Körperschwerpunktes S während einer ganzen Umdrehung. Die Kraft wechselt während dessen fortwährend ihre Richtung, indem sie in jedem Augenblicke nach dem festen Punkte O hin gerichtet ist. Im Mittel für eine ganze Umdrehung haben wir daher eine an S wirkende, nach O hin gerichtete Kraft, denn die senkrecht zur Verbindungslinie OS wirkenden Komponenten heben sich beim ganzen Umlaufe ungefähr gegen einander auf. Um dies strenger zu fassen, könnte man von dem Satze Gebrauch machen, dass das Zeitintegral der Kraft für den ganzen Umlauf gleich dem Bewegungsmoment ist, das die Kraft dem Schwerpunkte S , in dem die ganze Körpermasse hierfür konzentriert zu denken ist, während des Umlaufes erteilt. Aber auch so übersieht man ohne jede Rechnung leicht, dass der Schwerpunkt S sich nach O hin verschieben muss. Man erkennt also, dass sich der Körper in der That so verschieben muss, dass der Abstand OS sich verringert und nicht im entgegengesetzten Sinne, wie aus der ungenauen früheren Betrachtung hervorzugehen schien.

Dies Alles gilt natürlich nur so lange, als das den Antrieb bewirkende Drehmoment sehr gross ist. Bei langsamem Antrieb beginnt der Schwerpunkt S sich schon merklich zu verschieben, sobald sich der Körper um einen kleinen Winkel gedreht hat. Im ersten Augenblicke bildet sich ein kleines α aus, das rechtwinklig zu $\mathfrak{s}$ steht. Wenn nun S sich im Sinne $-\alpha$ verschiebt, bilden die Richtungen α und $\mathfrak{s}$ einen stumpfen Winkel mit einander und der Schwerpunkt wird von der Welle immer weiter abgetrieben. Der Bewegungsvorgang ist also dann von ganz anderem Charakter und verläuft im entgegengesetzten Sinne als vorher.

Zweiter Theil.

Ich will jetzt annehmen, dass der Körper bereits eine gewisse Winkelgeschwindigkeit u angenommen hat und dass

er hierauf sich selbst überlassen wird. Um die Geschwindigkeit der einzelnen Punkte angeben zu können, will ich die Geschwindigkeit jenes Punktes, der gerade mit dem festen Punkte O zusammenfällt, mit $\mathfrak{v}_0$ bezeichnen. Wenn ich nachher $\mathfrak{v}_0$ nach der Zeit t differentiire, bedeutet

demnach $\frac{d\mathfrak{v}_0}{dt}$ nicht etwa die Beschleunigung jenes Punktes,

denn der Differentialquotient der Geschwindigkeit giebt nur dann die Beschleunigung an, wenn die Geschwindigkeit dauernd auf denselben Massenpunkt des bewegten Körpers bezogen wird. Die Geschwindigkeit des Schwerpunktes S wird nach Grösse und Richtung durch den Differentialquotienten des Radiusvektors $\mathfrak{s}$ nach der Zeit angegeben, ebenso die Beschleunigung von S durch den zweiten Differentialquotienten von $\mathfrak{s}$ nach der Zeit. Wir haben zunächst die Gleichungen

$$\frac{d\mathfrak{s}}{dt} = \mathfrak{v}_0 + V u \mathfrak{s} \quad \quad (1)$$

$$\frac{d\alpha}{dt} = \mathfrak{v}_0' + V u \alpha \quad \quad (2)$$

Die Kraft, die man aufwenden muss, um die ruhende Welle so weit durchzubiegen, dass der Biegeuspfeil an der Befestigungsstelle des Drehkörpers gleich der Längeneinheit ist, sei mit c bezeichnet; c ist also eine von vornherein bekannte konstante Grösse. Die in jedem Augenblicke von der Welle auf den Drehkörper übertragene elastische Kraft kann dann nach Grösse und Richtung durch das Produkt $-c \alpha$ dargestellt werden. Wird noch die Masse des ganzen Drehkörpers mit M bezeichnet, so besteht nach dem Satze über die Bewegung des Schwerpunktes eines starren Körpers die Gleichung

$$M \frac{d^2 \mathfrak{s}}{dt^2} = -c \alpha \quad \quad (3)$$

Hierzu tritt noch eine Relation über die Winkelbeschleunigung. Die einzige äussere Kraft, die wir jetzt ins Auge zu fassen haben, ist die elastische Kraft $-c \alpha$ und die Winkelbeschleunigung ist daher dem statischen Momente dieser Kraft in Bezug auf den Schwerpunkt proportional. Stillschweigend ist dabei natürlich vorausgesetzt, dass der Einfluss der Schwerkraft auf irgend eine Art eliminiert ist, z. B. indem man die Welle vertikal aufstellt; gegenüber den grossen Zentrifugalkräften bei sehr schneller Umdrehung spielt übrigens die Schwerkraft nur eine untergeordnete Rolle. Wird das Trägheitsmoment des Körpers in Bezug auf die Schwerpunktsachse mit Θ , der Trägheitsradius mit r bezeichnet, so hat man demnach

$$\Theta \frac{d u}{dt} = -c V \alpha \mathfrak{s} \quad \text{oder} \quad \frac{d u}{dt} = -\frac{c V \alpha \mathfrak{s}}{M r^2} \quad (4)$$

Die aufgestellten Gleichungen genügen, um den Vorgang vollständig zu beschreiben. Sie allgemein zu integrieren, ist mir freilich nicht gelungen; ich vermag dies nur für den Fall zu thun, dass die Strecken α und $\mathfrak{s}$ sehr klein im Vergleiche zum Trägheitsradius r bleiben, so dass man sie als unendlich kleine Grössen gegen r vernachlässigen kann. Offenbar wird dies übrigens bei den praktischen

Anwendungen in der Regel mit hinlänglicher Genauigkeit zutreffen.

Differentiirt man Gl. (1) nach t , so hat man allgemein

$$\frac{d^2 \mathfrak{s}}{dt^2} = \frac{d \mathfrak{v}_0}{dt} + \mathbf{V} \frac{d \mathfrak{u}}{dt} \mathfrak{s} + \mathbf{V} \mathfrak{u} \frac{d \mathfrak{s}}{dt}$$

Man überzeugt sich aber sofort, dass unter der über die Grössenordnung von $\mathfrak{a}$ und $\mathfrak{s}$ gemachten Voraussetzung das zweite Glied auf der rechten Seite gegenüber den anderen zu streichen ist. Dies gilt auch bei den weiter folgenden Rechnungen vom Differentialquotienten $\frac{d \mathfrak{u}}{dt}$, d. h. wir können die Winkelgeschwindigkeit $\mathfrak{u}$ mit hinreichender Annäherung als konstant betrachten. Die vorige Gleichung liefert daher mit Berücksichtigung von Gl. (3)

$$\frac{d \mathfrak{v}_0}{dt} = -\frac{c}{M} \mathfrak{a} - \mathbf{V} \mathfrak{u} \frac{d \mathfrak{s}}{dt}$$

Diese differentiiren wir nochmals nach t und erhalten

$$\frac{d^2 \mathfrak{v}_0}{dt^2} = -\frac{c}{M} \frac{d \mathfrak{a}}{dt} - \mathbf{V} \mathfrak{u} \frac{d^2 \mathfrak{s}}{dt^2}$$

oder, wiederum mit Berücksichtigung von Gl. (3)

$$\frac{d^2 \mathfrak{v}_0}{dt^2} = -\frac{c}{M} \frac{d \mathfrak{a}}{dt} + \frac{c}{M} \mathbf{V} \mathfrak{u} \mathfrak{a}$$

Die rechte Seite vereinfacht sich aber erheblich mit Hilfe von Gl. (2). Man erhält so

$$\frac{d^2 \mathfrak{v}_0}{dt^2} = -\frac{c}{M} \mathfrak{v}_0 \quad (5)$$

Diese Gleichung sagt aus, dass die jeweilig im Anfangspunkt herrschende Geschwindigkeit $\mathfrak{v}_0$ eine periodische Funktion der Zeit ist. Ihre allgemeine Lösung lautet

$$\mathfrak{v}_0 = \mathfrak{A} \sin at + \mathfrak{B} \cos at \quad (6)$$

Die Vektorgrossen $\mathfrak{A}$ und $\mathfrak{B}$ sind die Integrationskonstanten und der konstante Faktor a bestimmt sich durch Einsetzen in Gl. (5) zu

$$a = \sqrt{\frac{c}{M}} \quad (7)$$

Mit dem Werthe von $\mathfrak{v}_0$ ist an und für sich nicht viel gewonnen. Ich benutze ihn nur, um daraus weiter $\mathfrak{a}$ und $\mathfrak{s}$ als Funktionen der Zeit zu erhalten. Durch Einsetzen aus (6) geht Gl. (1) über in

$$\frac{d \mathfrak{s}}{dt} = \mathfrak{A} \sin at + \mathfrak{B} \cos at + \mathbf{V} \mathfrak{u} \mathfrak{s} \quad . . . (8)$$

und hieraus durch Differentiation nach t

$$\frac{d^2 \mathfrak{s}}{dt^2} = \mathfrak{A} a \cos at - \mathfrak{B} a \sin at + \mathbf{V} \mathfrak{u} \frac{d \mathfrak{s}}{dt}$$

Im letzten Gliede dieser Gleichung führe ich für $\frac{d \mathfrak{s}}{dt}$ seinen Werth aus Gl. (8) ein. Mit Beachtung des Satzes über das Vektorprodukt

$$\mathbf{V} \mathfrak{u} \mathbf{V} \mathfrak{u} \mathfrak{s} = -\mathfrak{s} \cdot \mathfrak{u}^2$$

geht die vorhergehende Gleichung alsdann über in

$$\frac{d^2 \mathfrak{s}}{dt^2} = -\mathfrak{u}^2 \cdot \mathfrak{s} + \sin at \left(\mathbf{V} \mathfrak{u} \mathfrak{A} - \mathfrak{B} a \right) + \cos at \left(\mathbf{V} \mathfrak{u} \mathfrak{B} + \mathfrak{A} a \right) \quad (9)$$

Diese Differentialgleichung für $\mathfrak{s}$ lässt sich ohne Schwierigkeit integrieren. Zur Abkürzung setze ich

$$\mathfrak{F} = \left(\mathbf{V} \mathfrak{u} \mathfrak{A} - \mathfrak{B} a \right) \sin at + \left(\mathbf{V} \mathfrak{u} \mathfrak{B} + \mathfrak{A} a \right) \cos at \quad . . . (10)$$

so dass also $\mathfrak{F}$ ein Vektor ist, der eine bis auf zwei willkürliche Konstanten vollkommen bestimmte periodische Funktion der Zeit bildet. Aus Gl. (10) folgt sofort

$$\frac{d^2 \mathfrak{F}}{dt^2} = -a^2 \mathfrak{F} \quad (11)$$

und Gl. (9) geht mit Benutzung der Hilfsgrösse $\mathfrak{F}$ über in

$$\frac{d^2 \mathfrak{s}}{dt^2} = -\mathfrak{u}^2 \cdot \mathfrak{s} + \mathfrak{F} \quad (12)$$

Ich bemerke hierzu noch, dass ich in den Gleichungen (9) und (12) an Stelle von $\mathfrak{u}^2$ kürzer u^2 schreiben konnte, wo nun u der Tensor von $\mathfrak{u}$ ist, d. h. die numerische Grösse der Winkelgeschwindigkeit bedeutet.

Die allgemeine Lösung von Gl. (12) lautet

$$\mathfrak{s} = \mathfrak{C} \sin ut + \mathfrak{D} \cos ut - \frac{1}{a^2 - u^2} \mathfrak{F} \quad . . . (13)$$

Man überzeugt sich davon leicht durch Einsetzen des gegebenen Werthes in Gl. (12). Die Vektoren $\mathfrak{C}$ und $\mathfrak{D}$ sind die neu aufgetretenen, unbestimmten Integrationskonstanten. Zunächst erkennt man nun sofort, dass sich die Bewegung von $\mathfrak{s}$ aus zwei harmonischen Bewegungen zusammensetzt. Die erste wird durch die zwei ersten Glieder dargestellt und hat die Periode $\frac{2\pi}{u}$, die andere hängt von $\mathfrak{F}$ ab und hat daher die Periode $\frac{2\pi}{a}$ (vgl. Gl. 10).

Die Integrationskonstanten $\mathfrak{C}$ und $\mathfrak{D}$ lassen sich übrigens auf eine einzige zurückführen, wie ja auch schon daraus zu schliessen ist, dass die ursprünglich zur Integration vorgelegte Gleichung (8) eine Differentialgleichung erster Ordnung war. Um dies möglichst einfach nachzuweisen, führe ich eine neue variable Hilfsgrösse $\mathfrak{r}$ ein, indem ich setze

$$\mathfrak{r} = \mathfrak{C} \sin ut + \mathfrak{D} \cos ut \quad (14)$$

Damit vereinfacht sich Gl. (13) wie folgt

$$\mathfrak{s} = \mathfrak{r} - \frac{1}{a^2 - u^2} \mathfrak{F} \quad (15)$$

Aus Gl. (12) folgt ferner mit Berücksichtigung von Gl. (3) und Gl. (7)

$$-a^2 \cdot \mathfrak{a} = -u^2 \cdot \mathfrak{s} + \mathfrak{F}$$

Für den Radiusvektor $\mathbf{a} - \mathbf{s}$ vom Schwerpunkt S nach dem Befestigungspunkt A der Welle, oder wie ich ihn jetzt nennen will $\mathbf{e}$, erhält man daraus

$$\mathbf{e} = \mathbf{a} - \mathbf{s} = \frac{u^2 \mathbf{s} - \mathbf{s}}{a^2} - \mathbf{s} \\ = \frac{u^2 - a^2}{a^2} \left(\mathbf{r} - \frac{1}{a^2 - u^2} \mathbf{s} \right) - \frac{\mathbf{s}}{a^2}$$

oder schliesslich

$$\mathbf{e} = \frac{u^2 - a^2}{a^2} \mathbf{r} \quad . \quad . \quad . \quad (16)$$

Der Vektor $\mathbf{e}$ ist aber der Grösse nach die Exzentrizität des aufgekeilten Drehkörpers. Auch $\mathbf{r}$ ist daher der Grösse nach konstant und fortwährend mit $\mathbf{e}$ gleich gerichtet. Da u konstant ist, beschreibt $\mathbf{e}$ eine kreisförmige Bewegung mit konstanter Geschwindigkeit und dasselbe trifft auch für $\mathbf{r}$ zu. Den Antheil $\mathbf{r}$ von $\mathbf{s}$ in Gl. (15) haben wir damit vollständig bestimmt und das Problem ist überhaupt als gelöst zu betrachten. Wir sehen aus Gl. (15), dass der Schwerpunkt zunächst einmal eine kreisförmige Bewegung um den Anfangspunkt mit der konstanten Winkelgeschwindigkeit u beschreibt, deren Halbmesser $= \frac{a^2}{u^2 - a^2} \epsilon$ ist, wenn ϵ den numerischen Werth der Exzentrizität bezeichnet, dass sich aber über diese gleichförmige Rotation eine harmonische Bewegung von anderer Periode überlagert, die durch das Glied in $\mathbf{s}$ bestimmt ist. Man kann sagen, dass das Glied $\mathbf{r}$ die regelmässige Hauptbewegung und das Glied in $\mathbf{s}$ die Störungen darstellt. Auch sonst lässt sich der ganze Charakter der Bewegung aus den aufgestellten Formeln unmittelbar ablesen.

Namentlich erkennt man deutlich aus den Gleichungen (15) und (16), dass zwei ganz von einander verschiedene Vorgänge zu Stande kommen, je nachdem u grösser oder kleiner als a ist. Die ruhige, stossfreie Bewegung tritt ein, wenn u grösser als a , $\mathbf{e}$ daher gleichgerichtet mit $\mathbf{r}$ ist. Je grösser ferner u gewählt wird, desto mehr tritt der Einfluss der schaukelnden Bewegung, die durch $\mathbf{s}$ in Gl. (15) dargestellt wird, zurück. Wird $u = a$, so wird $\mathbf{r}$ nach Gl. (16) unendlich gross, d. h. es wird nun von derselben Ordnung gross wie der Trägheitsradius r und unsere Analyse kann über den weiteren Verlauf keine Rechenschaft mehr geben; sie zeigt nur, dass wir dann ein starkes Schleudern zu erwarten haben. Die Grösse

$$u = a = \sqrt{\frac{c}{M}} \quad . \quad . \quad . \quad (17)$$

stellt daher den gesuchten Werth der kritischen Geschwindigkeit dar.

Zahlenbeispiel.

Um die Anwendung der Formel (17) zu zeigen, berechne ich noch ein Zahlenbeispiel. Das Gewicht des Drehkörpers sei 1 kg ; ferner möge sich die Welle unter dem Einflusse einer Kraft von 10 kg um 1 cm durchbiegen, d. h. ϵ sei $\epsilon = \frac{10 \text{ kg}}{1 \text{ cm}}$. Dann wird mit $M = \frac{1 \text{ kg}}{g} = \frac{1 \text{ kg}}{981 \text{ cm}} \text{ sec}^2$

$$u = \sqrt{\frac{10 \text{ kg}}{\frac{1 \text{ cm}}{\frac{1 \text{ kg}}{981 \text{ cm}} \text{ sec}^2}}} = 99 \text{ sec}^{-1}.$$

Wir haben nun den Werth der kritischen Geschwindigkeit ausgedrückt in Bogenmass. Die Zahl der Touren in 1 Sekunde bestimmt sich daraus, dass man 99 durch 2π dividirt. Dies giebt für die Sekunde $15,7$ oder für die Minute rund 950 Touren.

Ungefähr lässt sich schon jetzt erkennen, dass dieser Werth in Uebereinstimmung mit den bei den Versuchen des Herrn Klein gemachten Erfahrungen zu stehen scheint. Herr Klein beabsichtigt, seine Versuche in dem von mir geleiteten Laboratorium weiter fortzusetzen und wird darüber seiner Zeit selbst ausführlicher berichten.

Mechanisch-technisches Laboratorium der technischen Hochschule in München, März 1895.

Nachschrift.

Für die praktische Anwendung lässt sich übrigens Gl. (17) noch auf die bequemere Form bringen

$$N = 300 \sqrt{\frac{P}{Q}}$$

worin N die Tourenzahl in der Minute, Q das Gewicht des Drehkörpers in kg , P die Kraft in kg bedeuten, die eine Durchbiegung der Welle um 1 cm hervorbringt. Zu beachten ist übrigens, dass bei der Tourenzahl N das Schleudern der Welle am stärksten wird, dass man daher die Tourenzahl stets grösser wählen muss, um einen ruhigen Gang zu erzielen. Nach den bisherigen Versuchen, die diese Frage noch weiter klären sollen, scheint es, dass man die Tourenzahl zu diesem Zweck ungefähr ein und einhalb bis doppelt so hoch wählen muss als N .

Zur Besprechung eingegangene Bücher.

- Allievi, Lorenzo. *Cinematica della Biella piana*. Napoli 1895.
- Böhm, B., in Bromberg und E. John in Köln a/Rh. Widerstandsmomente, Trägheitsmomente und Gewichte von Blechträgern nebst numerisch geordneter Zusammenstellung der Widerstandsmomente von 59 bis 25622. Berlin (Julius Springer) 1895.
- David, Ludwig. *Rathgeber für Anfänger im Photographiren*. Halle a/S. (Wilh. Knapp).
- *Denkschrift über die aus Anlass der Ueberschwemmung im Jahre 1882 auf Grund des Reichsgesetzes vom 13. März 1883 in den Jahren 1883—1893 ausgeführten Wildbach-Verbauungen in Tirol*. Mit 20 lithogr. Tafeln. Wien (Spielhagen & Schurich) 1895.
- Dietzschold, Curt, Direktor der k. k. Uhrmacherschule in Karlstein. *Die Verzahnungen der Uhren und mechanischen Apparate und die Berechnung der Räderwerke*. Mit 38 Holzschnitten. Bautzen (Emil Hübner) 1895.
- v. Ebenhof, Alfred Weber Ritter, k. k. Oberbaurath. *Bau, Betrieb und Verwaltung der natürlichen und künstlichen Wasserstrassen auf den internationalen Binnenschiffahrts-Kongressen in den Jahren 1885 bis 1894*. Bericht erstattet im Auftrag des k. k. Ministeriums des Innern vom Wasserbau-Departement dieses Ministeriums. Mit 2 Tafeln und 229 Text-Illustrationen. Wien (k. k. Hof- und Staatsdruckerei) 1895.
- Ernst, A., Prof. des Maschinen-Ingenieurwesens an der k. technischen Hochschule zu Stuttgart. *Die Hebezeuge, Theorie und Kritik ausgeführter Konstruktionen*. Ein Handbuch für Ingenieure und Architekten, sowie zum Selbstunterricht für Studierende. Zweite neubearbeitete Auflage. Mit 645 Textfiguren und einem Atlas mit 64 lithogr. Tafeln. Berlin (Julius Springer) 1895.
- Gentsch, Wilh., Ingenieur im Kais. Patentamt. *Gasglühlicht, dessen Geschichte, Wesen und Wirkung*. Stuttgart (J. G. Cotta, Nachf.) 1895.
- Güldner, H., Oberingenieur. *Für des Technikers Tisch und Tasche*. Hülfblatt zur sachgemässen Ausführung technischer Zeichnungen. Dresden (Gerhard Kühtmann) 1895.
- Haas, Prof. Dr. August. *Lehrbuch der Differentialrechnung. Dritter Theil. Anwendung der Differentialrechnung auf die ebenen Kurven*. Stuttgart (Julius Maier) 1894.
- Hanke, Max, Redakteur. *Patent-technischer Almanach für den Weltverkehr pro 1895, Vademekum für Patentbetitzer, Industrielle, Gewerbetreibende, Ingenieure, Erfinder etc.* Dresden (R. M. Hanke).
- Krämer, Jos., Ingenieur, Dozent für Elektrotechnik. *Wirkungsgrade und Kosten elektrischer und mechanischer Kraft-Transmissionen*. Mit vielen Figuren, Schemas und einer Tafel. Leipzig (Oskar Leiner) 1895.
- Lauenstein, R., und A. Hansen, Professoren an der Grossh. Baugewerkschule in Karlsruhe. *Die Eisenkonstruktionen des einfachen Hochbaues. Erster Theil: Material und Konstruktionselemente*. Mit 173 Holzschnitten. Stuttgart (J. G. Cotta, Nachf.) 1895.
- Lorenz, Dr. H., Ingenieur in München. *Zeitschrift für die gesamte Kälte-Industrie*. I. Jahrg. Mit 220 Textfiguren. München und Leipzig (R. Oldenbourg) 1894.
- Maser, H. *Nikola Tesla's Untersuchungen über Mehrphasenströme und über Wechselströme hoher Spannung und Frequenz*. Mit besonderer Berücksichtigung seiner Arbeiten auf den Gebieten der Mehrphasenstrom-Motoren und der Hochspannungsbeleuchtung zusammengestellt von Thomas Commerford Martin. Autorisirte deutsche Ausgabe. Mit 313 Abbildungen. Halle a/S. (Wilhelm Knapp) 1895.
- Müller, Friedrich, K. Regierungs-Baumeister. *Grundzüge des Kleinbahnwesens*. Im Auftrage des K. Pr. Minist. der öffentlichen Arbeiten verfasst und herausgegeben. Berlin (Wilhelm Ernst & Sohn) 1895.
- Nernst, Dr. W., Prof. a. d. Universität Göttingen, u. Dr. W. Borchers, Lehrer a. d. k. Maschinenbau- u. Hüttenschule zu Duisburg. *Jahrbuch der Elektrochemie*. I. Jahrg. Halle a/S. (Wilhelm Knapp) 1895.
- Prasch, Adolf, und Hugo Wietz. *Die elektrotechnischen Maasse*. Lehrbuch zum Selbststudium. Leipzig (Oskar Leiner) 1895.
- v. Romocki, S. J. *Geschichte der Explosivstoffe*. I. *Geschichte der Sprengstoffchemie, der Sprengtechnik und des Torpedowesens bis zum Beginn der neuesten Zeit*. Mit einer Einführung von Dr. Max Jähns, Oberstlieutenant a. D. Berlin (Robert Oppenheim) 1895.
- Schimmel, Oscar, & Co., Maschinenfabrik in Chemnitz. *Wäschereimaschinen und vollständige Einrichtungen von Waschanstalten*. Chemnitz 1895.
- Schoop, Paul, Doktor der Naturwissenschaften. *Die Primär-Elemente*. Nach der amerikan. Ausgabe des Prof. Carhart in Michigan bearbeitet und erweitert. Mit 68 Abbildungen. Halle a/S. (Wilhelm Knapp) 1895.
- Trommer, Ludwig Ed. *Das Eisenbahn-Verkehrswesen*. Grundlegende Vorarbeiten für eine Neuordnung künftiger Verkehrs-Wissenschaft. Zürich (Orell Füssli) 1895.
- *Vorschriften über die Ausbildung und Prüfung für den Staatsdienst im Baufache vom 15. April 1895*. Berlin (Wilhelm Ernst & Sohn) 1895.
- Wiesengrund, Dr. Bernhard. *Die Elektrizität, ihre Erzeugung, praktische Verwendung und Messung; mit 44 Abbildungen, für Jedermann verständlich, kurz dargestellt*. Preis 1 M. Frankfurt a/M. (H. Bechhold). 6.—10. Tausend.

I. Angelegenheiten des Vereins.

Die 137. Hauptversammlung des Sächsischen Ingenieur- und Architekten-Vereins am 19. Mai 1895 in Dresden.

Gesammtsitzung auf dem Kgl. Belvedere.

Nachmittags 12 $\frac{1}{4}$ Uhr.

Anwesend 150 Mitglieder und Gäste.

Nach Begrüssung der Anwesenden eröffnet der Vorsitzende, Herr Geh. Bergrath Förster, die Sitzung und spricht zunächst dem Rektorate der Königl. Technischen Hochschule und der Königl. Generaldirektion der Sächs. Staatsbahnen für die Ueberlassung der Hörsäle und bez. Gewährung freier Fahrt den Dank des Vereins aus; ferner dankt der Vorsitzende denjenigen Mitgliedern, welche das Programm der 137. Hauptversammlung aufgestellt und durchgeführt haben. Hierauf wird in die Tagesordnung eingetreten:

a) Veränderungen im Mitgliederbestande.

Ausgetreten sind:

von den korrespondirenden Mitgliedern:

Herr Ingenieur Baumgardt in Wien;

von den wirklichen Mitgliedern:

Herr Oberingenieur Hättasch, Leipzig;

„ Regierungsbaumeister v. Fink, Stettin;

„ Baurath Rossbach, Leipzig;

„ Bergdirektor Hering, Freiberg.

Verstorben sind:

von den Ehrenmitgliedern:

Herr Finanzminister v. Thümmel, Excellenz, Dresden;

von den wirklichen Mitgliedern:

Herr Oberbaurath Nauck, Dresden;

„ Baurath Salbach, Dresden;

„ „ Römer, Dresden;

„ Oberhüttenverwalter Bauer, Freiberg;

„ Markscheider Klötzer, Zwickau;

„ Finanzrath Pressler, Dresden;

„ Bergrath Dr. phil. Stelzner, Freiberg;

„ Geh. Hofrath Prof. Dr. Fränkel, Dresden.

Die Versammlung ehrt das Andenken der Verstorbenen durch Erheben von den Sitzen.

Insoweit die ausgetretenen verstorbenen Mitglieder Senioren waren, treten an deren Stelle:

Herr Bauinspektor Schneider, Glauchau;

„ Landbaumeister Canzler, Chemnitz;

„ Bauinspektor Bake, Reichenbach;

„ Kommissionsrath Michael, Dresden;

„ Bauinspektor Wolf, Dresden;

„ Regierungsbaumeister Toepel, Leipzig;

„ Hofbaurath Kluge, Altenburg;

Civilingenieur XLII.

Herr Civilingenieur Berk, Chemnitz;

„ Bauinspektor Rönsch, Leipzig;

„ „ Sauppe, Weida;

„ Gewerbeinspektor Grund, Annaberg.

Eingetreten sind durch Aufnahme in der 136. Hauptversammlung 6 wirkliche Mitglieder.

Es stellt sich daher der Mitgliederbestand wie folgt:

Ehrenmitglieder	7
Korrespondirende Mitglieder	18
Wirkliche Mitglieder . .	475
zusammen	500

gegen 508 in der letzten Versammlung.

b) Aufnahme neuer Mitglieder. Es haben sich zur Mitgliedschaft gemeldet die Herren:

Wallot, Dr., Geheimer Baurath, Professor, Dresden;

Hartung, R. Th., Garnison-Bauinspektor, Dresden;

Franze, Aug. Herm., Regierungsbaumeister, Annaberg;

Dietsch, M. Osk., Regierungsbaumeister, Löbau;

Salbach, Fr. Fr. Alb., Ingenieur, Dresden;

Borchers, G. W. Albert, Bergingenieur, Zwickau;

Stobrawa, Betriebsingenieur vom Elektrizitätswerke Dresden;

Kretschmar, K. E. Ottom., Brandversicherungsinspektor, Leipzig;

Dietrich, C., Regierungsbaumeister, Dresden;

Auster, H. Fr., Regierungsbaumeister, Dresden;

Jahnel, Aug., Oberingenieur der „Kette“, Uebigau;

Müller, C. Arthur, Garnison-Bauinspektor, Dresden.

Kämmel, Ed. Steph., Garnison-Bauinspektor, Dresden.

Die 13 Herren werden als Mitglieder im Vereine aufgenommen; die Auszählung der Stimmzettel übernehmen die Herren Bauinspektor Hamm, Regierungsbaumeister Bahse und Pietzsch.

c) Bezüglich der diesjährigen Sommer-Hauptversammlung schlägt der stellvertretende Vorsitzende im Namen des Verwaltungsrathes vor, dieselbe ausfallen zu lassen, weil derartige Versammlungen erfahrungsgemäss schwach besucht worden seien und den dafür gemachten Aufwand in der Regel nicht lohnten. Herr Dr. Fritzsche spricht sich für diesen Vorschlag aus, Niemand ist dagegen. Es wird beschlossen, diese Hauptversammlung ausfallen zu lassen.

d) Geschäftliche Mittheilungen.

Auf Antrag des Vorsitzenden genehmigt die Versammlung nachträglich die dem Altreichskanzler Fürsten

Bismarck seitens des Verbandsvorstandes angetragene Ehrenmitgliedschaft des Verbandes deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine.

Herr Geheimer Hofrath Geinitz ladet für Montag den 20. Mai d. J. zur Besichtigung des geologischen und mineralogischen Museums ein.

Der Vorsitzende theilt mit, dass seitens des Verwaltungsrathes Bericht an das Königl. Ministerium des Innern, die Vereinigung der dormaligen Prüfungsanstalten für Baumaterialien betr. erstattet worden, eine Antwort aber noch nicht eingegangen sei, ferner, dass der Bericht über die Rauchverbrennungsversuche noch ausstehe, Herr Geheimer Regierungsrath Lewicki aber versprochen habe, denselben bestimmt in nächster Zeit zum Abschluss zu bringen.

Ferner giebt der Vorsitzende bekannt, dass gemäss Verwaltungsrathsbeschlusses eine vollständige Ausstellung der Aufnahmen deutscher Bauernhäuser, welche von der hierzu gewählten Kommission des Vereins zur Zeit bearbeitet werden, nach deren Fertigstellung Ende Juni d. Js. im Kunstvereinslokal stattfinden soll.

Ein von dem Zwickauer Zweigvereine beim Verwaltungsrathe gestellter Antrag auf Weiterverfolg eines Falles unlauteren Wettbewerbes soll im Auge behalten werden.

Herr Baurath Grimm berichtet Namens der zur Prüfung der 1894er Rechnung des Vereins gewählten Abordnung, dass Ausstellungen gegen die von dem Vereinskassirer, Herrn Baurath Rachel abgelegte Rechnung nicht zu erheben seien und beantragt die Entlastung des Kassirers. Die Versammlung stimmt dem bei.

Alsdann giebt Herr Bauinspektor Wolf nähere Erläuterungen zu der am 20. Mai d. J. stattfindenden Besichtigung der Dresdener Bahnhofsbauten, welche sich aus näher erläuterten Gründen für diesmal auf den Interimbau des Böhmisches Bahnhofs beschränken muss. Unter Hinweis auf zahlreich ausgestellte Zeichnungen, Photographien und ein Modell des neuen Personenbahnhofes Dresden-Alttadt beschreibt der Vortragende die baulichen Anlagen, welche in der nächsten Zeit in Betrieb genommen werden sollen, in ihrer allgemeinen Anordnung, Ausführungsweise und Ausstattung und erntet damit den lebhaftesten Beifall der Versammlung. Der Vorsitzende spricht dem Vortragenden den Dank des Vereins noch besonders aus, den er gleichzeitig auf die in Aussicht gestellte Führung am 21. und auf die Herren erstreckt, welche diese Führung übernehmen werden.

Schliesslich bemerkt der Vorsitzende anlässlich des Vorkommnisses, dass heute von der Firma Giese & Weidner zu einem Vortrage des Herrn Baurath Giese in der III. Fachabtheilung öffentlich eingeladen worden sei, dass der Verein ein geschlossener sei und eine derartige Einladung später hoffentlich nicht mehr vorkommen werde.

Auf Vorlesen der Berichte der Abtheilungssitzungen wird verzichtet. Die Niederschriften derselben werden nachfolgend mitgetheilt.

Sitzung der I. Abtheilung.

Anwesend: 82 Mitglieder und 20 Gäste.

Beginn der Sitzung: 9 Uhr 15 Min.

Der Vorsitzende, Herr Betriebs-Oberingenieur Dr. Fritzsche eröffnet und begrüsst die Versammlung.

Sodann beginnt Herr Prof. Dr. Schreiber seinen Vortrag über einen registrirenden Pegel. Derselbe gründet sich auf die Druckmessung durch direkte Uebertragung des Wasserdruckes: Eine Dose, ähnlich derjenigen des Aneroidbarometers, welche durch Röhren mit dem Wasserlauf, dessen Pegelstände verzeichnet werden sollen, in Verbindung steht, überträgt die Druckschwankungen durch einen Hebel mit Schreibstift auf eine durch ein Uhrwerk in Umdrehung versetzte Trommel. Ein anderer registrierender Pegel beruht auf dem Prinzip des Waagemanometers. Zwei von dem Vortragenden hiernach ausgeführte Apparate führt derselbe am Schluss der Sitzung vor.

Der Vorsitzende dankt dem Vortragenden für seine interessanten, mit Beifall aufgenommenen Mittheilungen und ertheilt Herrn Stadtbaurath Klette das Wort zu seinem Vortrag über den Bau der Königin Carola-Brücke. Nach einer Darstellung der für die Anlage der Brücke massgebend gewesenen Gesichtspunkte giebt der Vortragende eine ausführliche, durch Zeichnungen und Photographien unterstützte Beschreibung des Bauwerks und der einzelnen Bauvorgänge unter Mittheilung der erwachsenen Kosten. Insbesondere verbreitet er sich des Näheren über die Luftdruckgründung, die Steingewölbe der Fluthöffnungen, sowie über Konstruktion und Aufstellung der besonders interessanten Bogenträger, welche die 3 Mittelöffnungen überspannen und von der Königin Marienhütte geliefert wurden; endlich über die beabsichtigte architektonische Ausschmückung der Brücke.

Der Vorsitzende spricht Herrn Stadtbaurath Klette den Dank der Versammlung für seinen allseitig mit Beifall aufgenommenen Vortrag aus und schliesst die Sitzung 10 Uhr 25 Min.

Obering. Dr. **Fritzsche.**

Christoph, Regierungsbaumeister.

Sitzung der II. Abtheilung.

Anwesend 25 Mitglieder und 2 Gäste.

Der Vorsitzende Herr Fabrikdirektor Kühne eröffnet die Sitzung um 9 Uhr 15 Min.

Geschäftliche Mittheilungen liegen nicht vor.

Der Vorsitzende ertheilt Herrn Gewerbeinspektor Proessel das Wort zu dem angekündigten Vortrag über neuere Dampfkesselkonstruktionen.

Der Vortragende theilt zunächst mit, dass ursprünglich ein Vortrag des Herrn Otto Schlick in Hamburg in Aussicht genommen war über den Aufstellungsort der Dampfmaschine im Schiff in Bezug auf die Vibration desselben, dass er bei Ausfall desselben dann den angekündigten Vortrag übernommen und speziell über neuere Konstruktionen der Schiffskessel der Elbe sprechen werde.

Die Anforderungen an die Schiffskessel sind sehr vielseitig wegen der Raumbeschränkung und wegen des möglichst geringen Gewichts bei hoher Spannung. In letzter Beziehung hat die Verwendung von Flusseisen in der Schiffskesselfabrikation grosse Umwälzungen hervorgerufen.

Es wird bei einem guten Schiffskessel verlangt:

1. Grösste Betriebssicherheit,
2. Geringes Eigengewicht,
3. Leichte Befahrbarkeit,
4. Guter Schutz der Kessel gegen Wärmeverlust.
5. Günstige Aufstellung,
6. Hohe Dampferzeugung,
7. Möglichst rauchfreie Beheizung.

Um letzterer Anforderung zu genügen, sind bereits viele Versuche gemacht worden und werden solche noch gemacht, die Sache selbst ist aber noch nicht endgiltig erledigt.

Der Vortragende führt zu diesen Punkten weiter aus:

Zu 1. Die grösste Betriebssicherheit wird erreicht durch die Wahl der geeigneten Materialstärken unter Berücksichtigung der Versteifungen und Verbindungen, wie sie u. A. in den sogenannten Hamburger Normen von 1892 empfohlen worden sind; durch möglichst sorgfältige Ausführung. Zu letzterer gehört: Hobeln der Kanten, Bohren der Nietlöcher, Abdrehen der Krepfen der Böden und Ausbalsungen, hydraulische Nietung, Schweissung der Theile, welche auf Druck beansprucht werden. Eine solche Schweissung ist besonders zu empfehlen für die Verbindung der Feuerrohre mit der Feuerkiste, nachdem statt der früheren Eckschweissung, welche viel Nachtheile und Unzuverlässlichkeit bot, die Schrägschweissung eingeführt wurde, welche volle Bürgschaft bietet. Die vielen geraden Flächen werden durch Anker, Stehbolzen, Ankerrohre, Deckenbarren etc. versteift, die Mann- und Domlöcher, sowie alle Ausschnitte durch aufgenietete Ringe verstärkt, die Stützen und Flanschen zur Aufnahme der Armaturtheile werden angenietet.

Zu 2. Das geringe Eigengewicht wird erreicht 1. durch Wahl des Flusseisens, welches einmal grössere Bleche gestattet und dadurch weniger Nähte bedingt und weiter durch die höhere Materialfestigkeit bei ebenfalls höherer Dehnungsziffer die Annahme schwächerer Bleche gestattet; ferner 2. durch die Schweissung vieler Theile statt Ueberlappung und Nietung, und 3. durch die Laschennietung des Kesselmantels, da so bei dieser Anordnung wesentlich schwächere Bleche gewählt werden können, als bei Ueberlappungsnietung.

Zu 3. Reinigungs- und Mannlöcher sind so anzubringen, dass Schlamm und Kesselstein leicht zu entfernen sind.

Zu 4. Die Verkleidung des Kessels zum Schutz desselben gegen Wärmeverluste erfolgt mit Asbestfilz, Kork oder andere Wärmeschutzmasse; dieselbe muss leicht beseitigt und wieder angebracht werden können.

Zu 5. Die Auflagerung erfolgt auf kräftigen Böcken, welche mit den Flurplatten und Kielschweinen gut verbunden sind. Bei grösseren Kesseln, vornehmlich bei solchen, welche noch eine mittlere Rundnaht haben, empfiehlt es sich ausserdem, mittlere Lager anzubringen, welche angepasst werden, nachdem der Kessel vorne und hinten richtig lagert.

Zu 6. Hohe Dampferzeugung wird hauptsächlich erreicht durch grosse Feuerräume; die Versteifung der grossen Feuerrohre wird erzielt durch Anbringung umschliessender Ringe, ferner durch Anwendung des Adamson'schen Systems, welches dadurch grossen Vortheil bietet, dass die Nieten aus dem Bereich des Feuers entfernt werden. Bei grösseren

Feuerrohren werden mit grossem Erfolg die von dem Blechwalzwerk Schulz, Knaut & Co. in Essen hergestellten Fox'schen Wellrohre angewendet, welche bei geringer Wandstärke und demzufolge geringem Gewicht grösste Festigkeit besitzen. Der vielfach betonte weitere Vortheil dieser Wellrohre, dass der Kesselstein leichter abspringen soll, ist noch nicht nachgewiesen, wird auch von mancher Seite bezweifelt. Ferner wird noch Purve's Patentrohr verwendet, wenn auch nur in vereinzelten Fällen.

Der Dampfraum muss ebenso wie der Wasserraum möglichst gross sein.

Der Vortragende erläutert an der Hand von Zeichnungen die verschiedenen gebräuchlichsten Kesselsysteme und deren einzelne Vortheile und Nachtheile, sowie deren Konstruktion:

1. Stehende Querröhrenkessel für kleinere Barkassen etc., dieselben sind behufs leichten Reinigens zum Auseinandernehmen eingerichtet.
2. Stehende Kessel nach Field'schem System, welche veraltet, aber noch auf manchen Schiffen im Betriebe sind. Dieselben sind schlecht zu reinigen, so dass sich die Rohre rasch derart mit Kesselstein zu setzen, dass eine Auswechselung derselben bald erfolgen muss. Der Vortragende legte einen Abschnitt eines solchen Rohres vor, woraus das Ungeeignete dieses Systems klar zu ersehen war.
3. Liegende Kessel mit angehängter Feuerwendekammer und rückkehrenden Heizröhren, ein einfaches, aber sehr vortheilhaftes System.
4. Grössere liegende Schiffskessel, wie sie auf den Schleppdampfern der Elbe üblich sind, und wie sie von der Dampfschiffs- und Maschinen-Bauanstalt der Oesterr. Nordwest-Dampfschiffahrts-Gesellschaft und der Kette, Deutsche Elbschiffahrts-Gesellschaft, erbaut werden.

Zum Schluss legt der Vortragende noch die Zeichnung eines Kessels vor, der bei den Personendampfern der Sächs.-Böhm. Dampfschiffahrts-Gesellschaft zur Anwendung kommt. Es ist dies ein Kofferkessel von 2 Atmosphären Ueberdruck. Der Vortragende theilt mit, dass auch bei diesen Kesseln ein Umschwung bevorzustehen scheint und dieselben dem jetzt allgemein üblichen System weichen werden.

Lebhafter Beifall lohnte den Vortragenden, dem der Vorsitzende den Dank der Versammlung ausdrückt und dabei hervorhebt, dass Herrn Proessel nur sehr kurze Zeit für seine Vorbereitungen zur Verfügung gestanden habe.

Herr Kommerzienrath Rostosky theilt mit, dass das Material, welches die Firma Schulz, Knaut & Co. zu ihren Wellrohren verwendet, Flusseisen sei.

Herr Betriebsingenieur Gierth legt dar, dass es den Kesselfabrikanten schwierig gemacht wird, die Konstruktion den Vorschriften der Behörden entsprechend auszuführen, da dieselben sehr verschieden seien, und regt an, dass der Sächs. Ingenieur- und Architekten-Verein die Sache in die Hand nehme und eine einheitliche Regelung vorschlage.

Herr Gewerbeinspektor Proessel hält die Einrichtung, wie sie in Sachsen herrscht, für vortheilhaft: den Kesselfabrikanten sei es freigestellt, die Konstruktion und Blechstärken etc. zu wählen, während sie für die angefertigten

Kessel volle Bürgschaft zu bieten haben und durch Anbringung des Fabrikschildes am Kessel jederzeit der Fabrikant des Kessels ermittelt werden könne.

Der Vorsitzende theilt mit, dass die unter seiner Leitung stehende hiesige Dampfschiffs- und Maschinen-Bauanstalt jetzt den Langer'schen Apparat zur Rauchverbrennung ausprobt und günstige Resultate damit zu erzielen hofft.

Herr Gewerberath Schlippe fragt an, wie jetzt die Röhren in den Rohrwänden befestigt werden und theilt der Vorsitzende mit, dass eine Anzahl stärkerer Röhren als Ankerröhren in die Rohrwände eingeschraubt und verstemmt, die übrigen aufgewalzt würden.

Der Vorsitzende schliesst die Sitzung um 10 Uhr 35 Minuten.

Frz. Kühne.

E. Thorning.

Sitzung der III. Abtheilung.

Anwesend ca. 60 Mitglieder und Gäste.

Herr Baurath Prof. Weisbach eröffnet 9 Uhr 15 Min. die Sitzung der III. Abtheilung und bemerkt nach Begrüssung der Versammlung, dass der geschäftliche Theil nach den Vorträgen erledigt werden solle. Er ertheilt hierauf Herrn Stadtbaumeister Möbius das Wort zu seinem Vortrage über das neue Ausstellungsgebäude für Dresden.

Der Vortragende führt Folgendes des Weiteren aus:

Während die Weltausstellungen in schneller Folge an Grossartigkeit der Darbietungen und an Umfang derart zugenommen haben, dass die für dieselben nöthigen ungeheueren Aufwendungen nicht mehr im rechten Verhältniss zu den Erfolgen zu stehen scheinen, haben neben diesen, ganz besonders auch in Deutschland, die kleineren Sammel- und Fachausstellungen immer mehr Aufnahme und Entwicklung gefunden.

Bei angemessenem Aufwande und bei der hier möglichen übersichtlichen Anordnung der einzelnen Gebiete, gedrängter Vorführung der besten Erzeugnisse der einzelnen Zweige menschlichen Schaffens und Darbietung derselben für grössere Volkskreise, erscheinen diese Ausstellungen ganz besonders lebensfähig und geeignet, die allgemeine Bildung, die geistige Regsamkeit und den Gewerbetfleiss eines Volkes zu heben.

Sie sind für uns bereits zu Erscheinungen geworden, welche wir als Ergebnisse des Strebens und Fortschreitens, als nothwendige Förderungsmittel unseres geistigen und geschäftlichen Verkehrs betrachten.

Es erscheint daher natürlich und geboten, dass grössere Städte für diese Zwecke Plätze und ständige Gebäude errichten und bereithalten, umso mehr als Gebäude in leichter Bauweise die nöthige Sicherheit für die meist kostbaren Ausstellungsgegenstände nicht zu bieten vermögen.

Das nach den ausgestellten Entwürfen des städtischen Hochbauamtes in Ausführung befindliche Ausstellungsgebäude für Dresden soll nicht nur dem eigentlichen Ausstellungszwecke, sondern auch zur Abhaltung von grösseren Versammlungen und Volksfesten dienen, da auch hierfür grössere Räumlichkeiten erwünscht, aber in Dresden bisher noch nicht vorhanden waren.

Das Gebäude liegt mit einem 165 m langen in der Mitte mit Haupteingang versehenen Hallenbau von 20 m Tiefe längs der Pirnaischen Landstrasse, zukünftigen Stübelallee, in einem Abstände von 25 m von letzterer.

In der Mittelachse dieses Hallenbaues, anschliessend an die Eingangshalle, liegt ein Kuppelraum, welcher als Repräsentationsraum bei Empfangs- und Preisvertheilungsfeierlichkeiten dienen soll; ihm schliessen sich nach Süden an eine Zwischenhalle mit Kleiderablagen und der grosse Saal mit beiderseitigen Nebensälen sowie im Süden drei Ausstellungssäle, deren mittlerer nach dem Park geöffnet ist. Diese Gebäudetheile ergeben eine Gesammttiefe von 110 m.

Der grosse Saal, welcher zwischen den decketragenden Umfassungen $46,5\text{ m} \times 26,0\text{ m} = 1209\text{ qm}$ und zwischen den dachtragenden Umfassungen, also einschliesslich der Umgänge $46,5\text{ m} \times 31\text{ m} = 1441\text{ qm}$ hält, soll besonders grösseren Versammlungen dienen und sodann mit den anliegenden Sälen benutzt werden, deshalb sind diese Räume auch mit einer Luftheizungs- und Lüftungsanlage sowie mit elektrischer Beleuchtung bedacht worden. Der Repräsentations-Kuppelraum und der grosse Saal erhalten entsprechend reichere Innenausstattung, im Uebrigen ist dieselbe, dem Zweck entsprechend, auf das Nöthigste beschränkt worden. Das ganze Gebäude hat 8280 qm bebaute Fläche innerhalb der Umfassungen, ohne Rampen, Freitreppen und Lichthöfe, und bietet 6000 qm Ausstellungsfläche.

Der südliche Hallenbau enthält im Keller Wirthschaftsräume für Bewirthung in grossem Maasstabe, auch sind die Nebensäle und die südliche Zwischenhalle unterkellert zur Aufnahme der Heizungsanlage, im Uebrigen ist jedoch das Gebäude eingeschossig. Die Umfassungen werden durchgängig mit Werksteinen von Elbsandstein und Cottaer Stein verblendet, die Dachungen erhalten Doppeldach von schlesischen sogen. Biberschwänzen und die Kuppeln und Thurmhelme werden mit Kupferblech bekleidet. Die Decken werden zwischen eisernen Tragrippen, welche an den Dachankern aufgehängt sind, als elliptische Tonnengewölbe nach System Rabitz hergestellt, der Fussboden erhält im allgemeinen Zementestrich, der grosse Saal erhält eichenen Riemenfussboden.

Der mit reicher Parkanlage zu versehende Ausstellungsplatz wird eingefriedigt, soll aber für gewöhnlich als öffentliche Anlage zugänglich gemacht werden.

Hieran schliesst der Vortragende noch einige Erläuterungen über die technische Ausführung des Projektes, die äusserlich in Sandsteinwerkstücken erfolgen soll.

Nach Beendigung des Vortrages spricht der Herr Vorsitzende dem Redner den Dank der Versammlung aus. —

Nach einer kurzen Pause, die zur Vervollständigung der Präsenzliste benutzt wird, ertheilt der Vorsitzende das Wort dem Herrn Baurath Prof. Giese zu dem Vortrag über die architektonische Ausgestaltung der neuen Bahnhofsbauten für Dresden. —

Der Vortragende begann unter Hinweis auf die beiden, der Versammlung zur Kenntniss vorgelegten grossen Projekte, des Ausstellungs-Gebäudes von Herrn Stadtbaumeister Möbius und des Personen-Haupt-Bahnhofs in Dresden-Altestadt von Giese und Weidner mit einer Charakterisirung der in der Gegenwart dem Architekten gestellten grösseren Aufgaben. Besonders wies er darauf hin, dass einerseits bei dem ersten Entwurfe die neue und vielseitige Art der Bestimmung des Gebäudes und die ungewohnte Grösse seiner Innenräume eine ganz neue Auffassung und Konstruktion verlangen, dass andererseits bei dem Bahnhofs-Entwurfe die durch örtliche Verhältnisse, durch Betriebserfordernisse festgelegten Bedingungen und durch die nöthigen mächtigen Bahnsteighallen, die umfassenden Innenräume, die verschiedene Lage der Geleise, dem Architekten völlig neue und schwierige, das ganze Können unserer hochentwickelten Wissenschaft und Technik beanspruchende Anforderungen stellen.

Zur näheren Erläuterung dieser letztgenannten Bedingungen wies der Redner auf die im Auftrage des kgl. sächs. Finanzministeriums von Herrn Baurath O. Klette im 2. Heft des „Civil-Ingenieurs“ veröffentlichte ausführliche Abhandlung hin. *)

Bekanntlich ist im Jahre 1890 mit der Erbauung der neuen umfangreichen Bahnhofsanlagen in Dresden begonnen worden, für deren Ausführung eine 10jährige Bauzeit in Aussicht genommen war.

Vor der Beschreibung der neuen Anlagen schildert der angeführte Klettesche Bericht den Zustand, welcher vor dem Baubeginn in Dresden bei den vorhandenen Bahnhöfen bestand, und knüpft daran Bemerkungen über die Art, Grösse und das Wachstum des Eisenbahnverkehrs in Dresden. Aus dieser mit umfangreichem Wissen durchgearbeiteten Abhandlung entnahm der

*) Siehe „Civil-Ingenieur“ 1895, Heft 2.

Redner die Bestimmungen der einzelnen Gruppen des Bauprogramms, die für die architektonische Ausgestaltung des Gebäudes maassgebend waren. Da nämlich die Einrichtung der bestehenden Bahnhöfe Dresdens den gegenwärtigen Bedürfnissen, welche im Eisenbahnbetriebe zu befriedigen sind, in keiner Weise mehr genügten, so ergab sich die Nothwendigkeit einer gänzlichen Umgestaltung der Bahnhofsanlagen auf demselben Platze.

Das von der Generaldirektion der kgl. Staatsbahnen aufgestellte neue Gesamt-Bauprogramm ist als einheitlicher Entwurf für das ganze Stadtgebiet ausgearbeitet und zerfällt in verschiedene Gruppen. — Von diesen Gruppen, deren Funktionen in dem zu schaffenden Organismus eine vollkommene Trennung von Personen- und Güterverkehr voraussetzen, so dass beide Verkehrsarten sich künftig auf besonderen Geleisen bewegen, verlangen nur einige die architektonische Ausgestaltung der Anlagen. — Die vornehmste und umfangreichste dieser Anlagen, schon ihrer Lage nach inmitten der Altstadt, ist der Personen-Haupt-Bahnhof. Ein besonderes Charakteristikum dieses anzulegenden Personen-Haupt-Bahnhofs liegt vor Allem darin, dass derselbe aus der Vereinigung einer Durchgangsstation für die Linien Tetschen- und Bodenbach-Dresden-Leipzig und Berlin und einer Kopfstation für die Linie Chemnitz-Dresden-Görlitz und die in Dresden einmündenden Linien besteht.

Da innerhalb der Strecke vom Hauptbahnhofe in Altstadt bis zum Personenbahnhofe Neustadt alle Personenzüge dieselben Geleise benutzen, so wurden vor dem Hauptbahnhofe die beiden Personengeleise der Bodenbacher Linie auseinander gezogen und die Kopfgeleise der übrigen Linien dazwischen gelegt.

Da ferner auf der westlichen Seite des Böhmischen Bahnhofes Kreuzungen städtischer Strassen und Schienengeleise in gleicher Höhenlage sich nicht vorfinden, so wurde die Kopfstation innerhalb des Bahnhofes in der bisherigen Höhenlage gelassen.

Nur die Durchgangslinien mussten bis zur Höhe von 4,50 m über dem seitherigen Niveau höher gelegt werden, um den Verkehr der angrenzenden volkreichen Stadttheile ungehindert sich entfalten zu lassen.

Auf dem zu schaffenden Personen-Haupt-Bahnhofs befinden sich demnach die Geleise in verschiedener Höhe. In der Mitte Geleise und Kopfstation im Niveau der umgebenden Strassen, auf beiden Seiten die Geleise der Durchgangsstation, getrennt nach den Fahrrichtungen, 4,50 m höher gelegen als die Mittelgeleise. Erstere im Bereiche des Bahnhofes selbst, unter der 60 m breiten Mittelhalle, letztere unter den seitlich angeschlossenen 30 resp. 32 m breiten Aussenhallen.

Die von dem Vortragenden ausführlich beschriebenen Dispositionen führten ihn hierauf dazu, von der Lösung rein technischer Fragen des Eisenbahn-Ingenieurs auf die Aufgaben überzugehen, welche von dem Architekten zur möglichst vollkommenen Erfüllung des Zweckes in künstlerischer Hinsicht zu lösen waren und die vorwiegend eine architektonische Formengebung beanspruchten.

Nach einer den Verhältnissen entsprechenden sorgfältigen generellen Planung, welche schon zur Aufstellung der Kostenanschläge erforderlich war, wählte das königl. Finanz-Ministerium zur Weiterförderung der erstandenen umfangreichen Aufgaben der architektonischen Gestaltung die Ausschreibung eines Wettbewerbs unter den deutschen Architekten.

Die Resultate dieses Wettbewerbs sind bekannt und kam Redner deshalb nur ganz allgemein darauf zurück. Die Bestimmungen des Programms basiren auf den Haupt-Dispositionen des vorerwähnten generellen Planes.

Der ganze, in dem Vorhergehenden beschriebene Plangedanke hat sich in der Wettbewerbsung als ein nach jeder Richtung hin gesunder bewährt.

Mit je einem ersten Preise von 7500 M. wurden von dem Preisgericht zwei Entwürfe ausgezeichnet.

Mit je einem zweiten Preise wurden drei Entwürfe ausgezeichnet.

Mehrere Entwürfe wurden ausserdem wegen der charakteristischen Lösung einzelner Bautheile angekauft.

Die königl. Generaldirektion der Sächsischen Staatseisenbahnen, in Vertretung des Staatsfiskus des Königreichs Sachsen,

trat hierauf mit den Bauräthen Giese und Weidner in Verbindung und übertrug denselben die weitere Ausgestaltung der Baupläne auf Grund eines mit denselben abgeschlossenen Vertrages vom 1. April 1893.

Ueber die nunmehr in Erfüllung dieses Vertrages von Giese und Weidner ausgeführten und der Versammlung zur Einsicht vorgelegten Entwürfe, welche die Genehmigung des Königl. Finanzministeriums erhalten hatten und zur Ausführung bestimmt sind, gab Redner folgende Erläuterungen.

Selbstverständlich musste zunächst die Grundrissanordnung des Bauwerkes, die sich den Betriebsverhältnissen anzuschliessen hatte, in ihren wesentlichen Zügen durch das aufgestellte Gesamt-Programm für die neuen Bahnanlagen bestimmt werden.

Unter Zugrundelegung des bereits durch den Wettbewerb gewonnenen Grund-Planes der in erster Linie preisgekrönten Firma Giese und Weidner konnte die weitere Bearbeitung nur noch im Einzelnen grössere Klarheit erlangen.

Als Grundgedanke wurde festgehalten:

- a) Haupteingang an der Pragerstrasse,
- b) die Bildung der Haupteingangshalle mit den seitlich anschliessenden Eingangshallen von Wiener- und Strehlenstrasse,
- c) Durchgangshalle nach der Kopfstation mit rechts- und linksseitigem Aufgang nach den Hochgeleisen,
- d) der Quer-Bahnsteig, dem sich rechts und links Ausgangshallen nach Wiener- und Strehlenstrasse anschliessen,
- e) Die Wartesäle zu beiden Seiten der Durchgangshalle,
- f) Gepäckannahme und Räume für Gepäck in unmittelbarem Anschluss an die Durchgangshalle sowie Klosets und Handgepäckräume in hinreichender Anzahl.

Eine wesentliche Abänderung des bevorzugten Konkurrenzentwurfes bildet allein die Zurückverlegung des Treppenaufganges in die Durchgangshalle nach den Hochgeleisen und den dort gelegenen oberen Wartesälen.

Dagegen wurden die Anlage der Verbindungshalle an der Wienerstrasse, sowie die Disposition des König-Pavillons und endlich die die Kopfgeleise rechts und links flankirenden Gebäudkörper unter den Hochgeleisen unverändert beibehalten.

Nach alledem verbleibt nach erschöpfender Ausnützung des Erdgeschosses für die Anlage eines Obergeschosses allein der zwischen den Hochgeleisen in der Breite der Kopfstation befindliche Raum. Und nur die ihrer Grösse nach mit entsprechender Höhe ausgestatteten Wartesäle und die Halle, (Eintrittshalle und Durchgangshalle) durchbrechen die Grundfläche des Obergeschosses und verschaffen dem Körper eine für die Benutzung nothwendige Uebersichtlichkeit.

In dem Obergeschoss befinden sich daher nur Wartesäle von untergeordneter Grösse, Buffetanlagen, Klosets etc. für das durchreisende Publikum. Die Durchsichtigkeit der Raummasse ist aber namentlich auch in der ganzen Länge der Haupt-Eingangshalle durchgeführt, denn während der für die auf der Kopfstation ankommenden Züge bestimmte Mittelbau mit den anschliessenden Seitenhallen in der Breite der Kopfstation unbeschränkte Höhe erhalten konnte, zwingt die Lage der für die Durchgangszüge bestimmten Hochgeleise (4,50 m) zu Unterbrechung der Hochentwicklung dieser Theile in der ganzen Länge und Breite.

Dadurch aber, dass unter den Hochgeleisen 3 m breite Treppenanlagen nach den Hochperrons führen, die zugleich dem Licht Zugang verschaffen, und dadurch, dass die Längs-Abschlüsse der Mittel-Halle als hohe Oeffnungen charakteristisch durchgeführt sind, werden die ungünstigen Verhältnisse bezwungen und die Höhendifferenzen ausgeglichen. In gleicher Weise ist die Durchführung der seitlichen Ausgangshallen behandelt.

Auf Einzelheiten der ganzen Grundrissdisposition, soweit dieselbe z. B. durch die Konstruktion der Hochgeleise bedingt wird, konnte Redner wegen Kürze der Zeit nicht eingehen.

Noch wurde hervorgehoben, dass das Untergeschoss in seiner ganzen Ausdehnung für die zu den Wartesälen nothwendigen Wirthschaftsräume, sowie zu Verbindungen der verschiedenen Gepäckräume verwendet wurde.

Umfassender als in der Grundrissbildung des bevorzugten Planes musste in der Formenbildung des Aeusseren und der Innenräume eine Umgestaltung erfolgen.

Obwohl die Hauptmotive des der Bearbeitung zu Grunde gelegten Planes, namentlich die dominirende Kuppel der Eintrittshalle und die flankirenden Thürme beibehalten wurden, veranlassten die zu stark an klassische Motive anlehnenden Formen eine Aenderung der Giebel-Schauseite.

Es liegt nämlich in der Eigenartigkeit der Aufgabe, dass in der Ausbildung der Formen Motive früherer Zeiten nicht zur Verwendung kommen können; es stellt sich daher die zwingende Nothwendigkeit ein, sich von der klassischen Weise frei zu machen und neu zu gestalten, und namentlich auf die Verschmelzung der Formen mit der Eisentechnik und auf die durch die modernen Massen-Konstruktionen gegebenen Motive einzugehen. Ganz besonders sind die den neuen Bahnhöfen eigenen grossen, mächtigen Bahnsteig-Hallen mit ihren kühn konstruirten Eisenbindern bestimmend für die Formen der Architektur.

Aus diesem Grunde mussten der Steinarchitektur, namentlich da, wo sie im Wettstreit mit den durch die Konstruktion festgelegten Formen der Metall-Technik auftritt, möglichst ruhig wirkende Flächen und einfache, aber kräftige Gliederungen und Formen gegeben werden.

Die Bauten der Pariser Ausstellung von 1889 waren vielfach seither Muster für diese Bestrebungen der Architekten, wenn auch dort die Lösung der Aufgabe nur darin gefunden wurde, der Architektur einen bekleidenden Charakter zu geben, und noch nicht erreicht wurde, die äusseren Formen in organischen Zusammenhang zu bringen mit den inneren (Eisen-) Konstruktionen.

Unter dem Einfluss gerade dieser ästhetischen Forderungen hat sich die Ausgestaltung der architektonischen Formen des Entwurfes für den Haupt-Personen-Bahnhof vollzogen. Doch konnten im Allgemeinen die fein abgewogenen Formen der italienischen Hoch-Renaissance zur Verwendung kommen und den grossen Verhältnissen der Baukörper entsprechend weiter entwickelt werden.

Die Hauptaufgabe musste darin gesucht werden, dem der Kopfstation vorgelegten, für den Personenverkehr wichtigsten Mittelbau, an seiner Schauseite nach der Pragerstrasse zu durch mächtige Architekturformen des kuppelbekrönten Eingangsbaues und der darangeschlossenen Verbindungshallen und durch die abschliessenden Treppen-Thürme, dominirende, den Zweck verkündende Wirkung zu geben.

Die Wirkung des Hauptbaues wird, wie der Redner betonte, noch dadurch besonders zur Geltung kommen, dass vor seiner Stirnseite eine Platzanlage zwischen den Hochgeleisen angeordnet wurde, die ungefähr der Grösse des Lindenauplatzes in Dresden entspricht. Es hatte sich die angeführte grosse Formgebung noch besonders aber auszudehnen auf die Schauseite der Wienerstrasse. Denn an beiden seitlichen Schauseiten sind Ein- und Ausgänge für das reisende Publikum. Die der Strehlenstrasse führen aber nur nach der äusseren Stadt und werden durch die den Verkehr hemmende Enge der Strasse behindert. Dagegen führen die an der Wienerstrasse gelegenen von und nach der inneren Stadt. Hier wird sich naturgemäss der grösste Verkehr entfalten, wozu auch die grosse Breite der Strasse günstige Gelegenheit darbietet. Es ist gelungen, auf dieser Seite durch die beiden gleichartig angeordneten Pavillon-Vorlagen die Eingangs- und Abgangshalle entsprechend zu charakterisiren, und ihrem wichtigeren Zweck gemäss auszugestalten, fernerhin aber eine Lösung zu finden, welche allein es ermöglicht, den Königspavillon, der denselben Zweck zu erfüllen hat, wie jene Vorlagen, organisch mit dem ganzen Körper zu verbinden.

Die Nothwendigkeit dieser Anlage sowohl für die künstlerische Gesamtwirkung des Baues, wie auch für ihre erhöhte Zweckbestimmung legte der Redner unter Hinweis auf die ausgestellten Pläne in überzeugenden Worten dar und führte aus, dass der neuerdings geplante Wegfall gerade dieser Gebäudetheile ein Fehler von schwerwiegender Bedeutung für die Zukunft der Anlage zu werden drohe. Besonders auch in dieser Frage fand der Redner den allgemeinen Beifall der Versammlung.

Nach den gleichen Prinzipien, führte der Redner aus, ist die hintere Schauseite der Kopfstation behandelt, welche unmittelbar unter dem Einfluss der Konstruktion jener mächtigen, 60 m breiten Bahnsteig-Halle und der anschliessenden Seitenhallen steht. Ebenso ist die innere Ausstattung der Anlage gestaltet,

und das Bestreben darauf gerichtet gewesen, Konstruktion, Material und Form überall in gesetzmässige Verbindung zu bringen.

Der Vortragende schloss mit folgenden Ausführungen:

Die vorgelegten Baupläne seien sowohl in künstlerischer Hinsicht wie auch in Bezug auf die hochbedeutende Zweckbestimmung mit begeisterter Hingabe und unter sorgfältigster Abwägung aller in Betracht kommenden Fragen entworfen worden. Und wie er hoffe, dass dies Bestreben die Versammlung aus den Entwürfen erkannt habe, so hoffe er auch, dass das ausgeführte Werk den Absichten der Urheber entsprechen und, — wie dies schon bei ähnlichen Bauten in Köln, Frankfurt und Bremen gelungen sei auch hier in Dresden seine Aufgabe in die weiteste Zukunft hinaus zum Segen des Landes erfüllen möge.

Bei der hierauf sich anschliessenden Besichtigung der Modelle der Gesamtanlage des Personen-Haupt-Bahnhofes erläuterte Baurath Giese nochmals die von ihm bereits in seinem Vortrage hervorgehobenen Bagedanken. Er hob namentlich bezüglich der Giebelschauseite an der Pragerstrasse, die für den Standpunkt des Beschauers nothwendige Höhenausbildung, die dominirende Mittelpartie, sowie die gleichfalls bereits erwähnte Ausbildung der Baukörper an der Wienerstrasse, einschliesslich des Königspavillons hervor.

Das Modell der grossartigen Anlage übte auf die Anwesenden einen hochinteressanten und fesselnden Eindruck aus, und befestigte den Wunsch der sachverständigen Versammlung, die Anlage ohne alle Aenderung nach den vorgelegten Plänen entstehen zu sehen.

Baurath Giese wies am Schluss seiner Erläuterungen noch besonders auf die Nothwendigkeit der Einsetzung eines Staatsinstituts hin, wobei er allseitige sympathische Zustimmung fand. Er bezog sich hierbei auf die in letzter Zeit erfolgte Ernennung einer Kommission für die Erhaltung der Bau- und Kunstdenkmäler aus der Vergangenheit im Königreich Sachsen, und will als Organ der Regierung für die Beurtheilung und zweckmässige Ausgestaltung grosser Bauwerke der Gegenwart in ähnlicher Weise wie in benachbarten Staaten (Preussen) eine Akademie des Bauwesens auch in Sachsen eingesetzt wissen, welche aus hervorragenden Männern der Baukunst und Bauwissenschaft bestehen und bei Errichtung grosser Bauschöpfungen, die für die Gegenwart und für die Zukunft von schwerwiegender Bedeutung sind, von maassgebendem Einflusse sein soll. Hierdurch würde vor allen Dingen vermieden werden, dass Instanzen, die nach Maassgabe der Zusammensetzung ihrer Mitglieder ein fachmännisches Urtheil zweifelsohne nicht haben könnten, zu selbständigen Entscheidungen sich berufen hielten. Und es würden dadurch Fehler vermieden werden, die, wie es bei bekannten grossen Bauten aus der jüngsten Vergangenheit zu Tage getreten sei, entweder gar nicht wieder gut zu machen wären und bedeutende Geldsummen aus den Mitteln des Landes umsonst aufgewandt zeigten, oder aber die nur durch schwere Geldopfer wieder einigermaassen abgestellt werden könnten. Ein ähnliches Verhängniss bedrohe zur Zeit die Ausführung des Personen-Hauptbahnhofes zu Dresden.

Die Versammlung spricht dem Redner lebhaften Dank für seinen Vortrag aus.

Hieran reiht Herr Oberbaurath Temper unter Vorlage von Aufnahmen einige Mittheilungen über das im Kloster Altenzelle bei Nossen vorhandene Hothor aus der romanischen Periode, welches sich in halbverschüttetem Zustande erhalten hat. Er habe die eine Thorseite freigraben lassen und sei bei einer Tiefe von etwa 1,40 m bis auf die Sohle der Säulenfüsse gekommen. Die Ursache der Verschüttung, welche sich auf die ganze Umgebung erstreckte, könne nur in einer Anschwemmung von Bodenmassen gefunden werden, das lasse sich auch aus der Art des abgelagerten Bodens erkennen. Da eine Freilegung des kunstgeschichtlich werthvollen alten Denkmals durch Freigrabung der Verhältnisse halber unthunlich sei, so liege die Absicht vor, dasselbe durch Abtragung und

Wiederaufbau über der jetzigen Bodenoberfläche in seiner vollen Gestalt wieder herzustellen.

Zum Schluss referirt königl. Landbauinspektor Schmidt über die durch Anregung des Verbandes erfolgte von sächsischer Seite bewirkte Aufnahme von alten Bauernhäusern. Der Herr Vortragende bezeichnete die Gegend der sächs. Lausitz als besonders ergiebig für den genannten Zweck, indem er auf einige ausgestellte photographische Aufnahmen aus jener Gegend hinweist. Bei dieser Gelegenheit macht er auf die Kleinheit des vorgeschriebenen Maassstabes von 1:200 aufmerksam, der besser durch 1:50 zu ersetzen wäre.

Nach Erledigung der vor einer grossen Anzahl von Mitgliedern und Gästen gehaltenen Vorträge wurde zum geschäftlichen Theile der Sitzung geschritten.

Es handelte sich um die Wahl eines Vorsitzenden und Stellvertreters der Abtheilung III. Nach dem Ableben des Herrn Oberbaurath Nauck und dem Ausscheiden des Herrn Baurath Rossbach in Leipzig sind beide Aemter zu besetzen. Auf Vorschlag des Herrn Geh. Hofrath Heyn wird Herr Baurath Weissbach einstimmig zum Vorsitzenden und Geh. Hofbaumeister Brückwald in Leipzig ebenso zum stellvertretenden Vorsitzenden gewählt.

K. Weissbach.

A. Gottschaldt.

Sitzung der IV. Abtheilung.

Anwesend 21 Mitglieder und 2 Gäste.

Herr Bergrath Plattner eröffnet die Sitzung, bringt die Präsenzliste zum Umlauf und ertheilt zunächst

Herrn Bergrath Scheibner das Wort zu seinem Vortrage. Derselbe verbreitet sich über die geschichtliche Entwicklung des Lugau-Oelsnitzer Steinkohlen-Bergbau-Reviers, über die Ausdehnung und geologischen Verhältnisse desselben und insbesondere über das Lager von bituminösem Schiefer, welcher unter dem tiefsten Steinkohlenflöz vorkommt. Dieser Schiefer ist 12 bis 15 cm mächtig und völlig dicht, besitzt ein spezifisches Gewicht von im Mittel 1,15, und ist leicht entzündbar, namentlich als Staub, was vom Vortragenden durch Experimente vorgeführt wird. Auch werden einige Stücke des Schiefers im rohen sowie im bearbeiteten und polirten Zustande in Umlauf gesetzt. Erstere enthalten Pflanzenreste. Zum Schluss bringt Herr Bergrath Scheibner auf den bituminösen Schiefer sich beziehende Erklärungen der Herren Geheimrath Engler und Bergrath Stelzner zur Verlesung. Der Vorsitzende dankt dem Vortragenden und giebt das Wort an Herrn Bergdirektor Weigel, welcher an der Hand zahlreicher Grundrisse und Profile über die Flözverhältnisse im Felde der Zwickauer Bürgergewerkschaft und speziell über die Ausrichtung des Feldes, welches jenseits der Hauptver-

werfung, also in deren Hangenden, sich befindet, vorträgt: Nachdem durch Bürgerschaft II. vom hochgelegenen Feldes- theile aus die Flözverhältnisse des tiefergelegenen durch Gesenke, welche von der Hauptverwerfung vom II. (Amandusflöz) und III. Flöz (dem Ludwigflöz) aus niedergebracht worden sind, klargestellt worden waren, dabei auch das Schichtenkohlenflöz unerwartet mit aufgefunden worden war, wurde der Bahnhofschaft im unteren — früher verfüllten Theil — aufgewältigt und weiter verteuft. Alsdann wurde ein Querschlag in das tief gelegene Feld gefahren, mit dem hinter der Hauptverwerfung das III. Flöz getroffen wurde. Zunächst wurde nun durch steigende Betriebe eine Wetter- und Flucht-Verbindung mit dem Gesenke 3 des Bürgerschachts II. hergestellt, so dass zur Zeit die Vorrichtung im Schichtenkohleflöz, sowie im I. und II. Flöz im tiefen, verworfenen Feldtheil nun ermöglicht ist. Herr Direktor Weigel schliesst seinen Vortrag mit einer Erläuterung des vorgeführten Gebirgsprofils vom Bahnhofschaft und mit einem Abriss über die Kosten der ausgeführten Ausrichtungsarbeiten, bez. über die durch dieselben erzielten Ersparungen gegenüber einer früher geplant gewesenem Aufschliessung dieses Feldtheiles durch einen bez. zwei Schächte.

Nachdem der Herr Vorsitzende dem Herrn Vortragenden den Dank der Anwesenden ausgesprochen hat, wird beschlossen, die Vorträge der Herren Bergrath Scheibner und Direktor Weigel in das sächsische Jahrbuch für das Berg- und Hüttenwesen aufzunehmen.

Herr Geheimer Hofrath Geinitz ladet die Anwesenden ein, die mineralogischen und geologischen Sammlungen im Zwinger in den nächsten Tagen zu besichtigen.

C. A. Plattner.

C. E. Weiss.

Verlauf der Versammlung.

Sonabend, am 18. Mai 1895 trafen sich die Vereinsmitglieder nebst ihren Damen und Gästen zahlreich im Weissen Saale der Restauration „Drei Raben“, Marienstrasse in Dresden.

Sonntag, am 19. Mai 1895. Die Abtheilungssitzungen fanden in den Räumen der Königl. Technischen Hochschule in Dresden statt. An die geschäftlichen Verhandlungen schloss sich Nachmittags 2 Uhr ein gemeinsames Mahl im oberen Saale des Königl. Belvedere an, welches sich durch zahlreiche Betheiligung auszeichnete.

Herr Geh. Bergrath Förster brachte den Trinkspruch auf Se. Maj. den König aus, der Vereinssekretär gedachte der Vortragenden und Herr Bergrath Plattner der anwesenden Damen und Gäste.

Montag, am 20. Mai 1895 fand ein gemeinschaftlicher Ausflug nach der Bastei in der sächsischen Schweiz statt, der zu allgemeiner Befriedigung verlief. G.

Mittheilungen aus dem Dresdener Zweigverein des Sächsischen Ingenieur- und Architekten-Vereins.

Vereinsjahr 1895.

In der 1. Sitzung vom 7. Januar dieses Jahres gedenkt zunächst der Vorsitzende, Herr Baurath O. Klette, der in den letzten Tagen des vergangenen Jahres aus dem Leben geschiedenen Mitglieder Baurath Salbach und Oberbaurath Nauck.

Nach Erledigung mehrfacher, geschäftlicher Angelegenheiten berichtet hierauf Herr Baurath O. Klette über den „neuen Vertrag zwischen dem Königlichen Finanzministerium und der Stadtgemeinde Dresden, die Bahnhofsbauten betreffend“. Da der Wortlaut des Vertrages in den Tageszeitungen Veröffentlichung gefunden hat, so erübrigt sich ein näheres Eingehen auf denselben an dieser Stelle.

Redner erläutert an der Hand zahlreicher ausgestelltter Pläne die wichtigeren Punkte des eine Ergänzung zum ersten Vertrag vom 14. Juli 1891 bildenden neuen Vertrages und bespricht namentlich die Lage der neuen Eisenbahnbrücke unterhalb der jetzigen Marienbrücke, welche nach Inbetriebnahme der ersteren in das Eigenthum der Stadtgemeinde übergeht und erörtert zugleich die Herstellung neuer Zugänge zur Marienbrücke. Ferner wurde die in Aussicht genommene Verwendung domänenfiskalischen Gebiets zwischen dem Rangirbahnhofe und dem neuen Verkehrs- und Winterhafen für zu erbauende industrielle Etablissements, die nach Art der Dr. Heine'schen Anlagen in Leipzig-Plagwitz mit Zufuhrgleisen versehen werden sollen, näher besprochen.

Im Anschlusse hieran erläutert Redner einige in Umlauf gesetzte Schwingungsdiagramme der Hohestrassen- und Falkenstrassen-Brücke, welche mit dem von Professor Fränkel konstruirten Schwingungszeichner aufgenommen worden sind.

Die in Zusammenhang mit den Bahnhofsbauten in den Jahren 1893 bezw. 1894 erbauten Brücken zeigten keine horizontale Schwingungen, im vertikalen Sinne waren solche von 0,6 bis 0,8 mm drei Mal in der Sekunde wahrnehmbar, wobei die Belastung durch schnellfahrende beladene Steinwagen und eine 18 t schwere Dampfstrassenwalze erzeugt wurde.

Die Aufnahmen des Schwingungszeichners wurden an der Falkenstrassenbrücke mittelst direkter Messung kontrollirt, wobei sich völlige Uebereinstimmung beider Resultate ergab. Redner schliesst seine Mittheilungen mit Darlegung der Gründe, warum selbst so kleine Schwingungen, welche sich auf die Dauerhaftigkeit der Bauwerke völlig einflusslos erweisen, von den Passanten der Brücken merklich empfunden werden.

In der 2. Sitzung vom 14. Januar 1895 erstattet vorerst Herr Geh. Hofrath v. Oer einen Bericht über die Thätigkeit des Ausschusses für Berathung der Rang- und Titelanlegenheiten der Architekten und Bauingenieure. Nach

längerer Besprechung wird das von dem Ausschuss ausgearbeitete Gutachten einstimmig angenommen.

Hierauf giebt Herr Geheimrath Köpcke einige interessante Mittheilungen. Der Vortragende knüpft an den in voriger Sitzung von Herrn Baurath O. Klette gemachten Bericht über Schwingungen eiserner Brücken an und zeigt den Weg zur Berechnung der zu erwartenden Oszillationen aus der Durchbiegung nach seinen Veröffentlichungen in den Jahrgängen 1885 und 1886 der deutschen Bauzeitung. Zur Behebung der Schwingungen einer Hängebrücke von 69 m Spannweite hat sich die in Nr. 27 des Jahrgangs 1885 vorgenannter Zeitschrift angegebene Konstruktion gut bewährt. Weit schwieriger war es, die 146,68 m weite Mittelöffnung der Loschwitz-Blasewitzer Ellbrücke vor taktmässigen Schwingungen zu schützen. Dies ist durch Schaffung grosser Reibungswiderstände in 2,5 m Höhe über dem mittleren Federgelenk und an den Pilonen in 25 m Tiefe unter den oberen Charniren geschehen. Die 3,5 cm im Durchmesser haltenden Klemmbolzen ergaben bei einem Reibungswiderstand von 0,2 bei Eisen auf Eisen und einer Inanspruchnahme von 1000 kg/qcm je 3846 kg Reibungswiderstand, es wurde demnach durch die 9 in der Mitte angeordneten Bolzen ein Reibungsmoment von $9.3846.2,5 = 86.535 \text{ mkg}$ und durch die beiden an den Enden zunächst der Pilonen angebrachten ein solches von $2.3846.25 = 192300 \text{ mkg}$ erzeugt. In Folge dieser Konstruktion tritt eine Beeinträchtigung der durch Temperaturveränderungen bedingten Bewegungen nicht ein und thatsächlich erträgt die Brücke alle vorkommenden Schwingungsimpulse, selbst durch im Takte marschirende Soldaten, ohne Steigerung der Amplitude.

Weiter theilte der Vortragende aus den Bestimmungen des englischen Board of trade mit, dass Eisenbahnstationen in nicht stärkeren Steigungen als 1:260 liegen dürfen. Bei stärkeren Steigungen verlangt die Regierung in der abwärts gelegenen Strecke Entgleisungsweichen, die beim Passiren eines Zuges vom Wärter geschlossen werden müssen, sonst aber vermittelst eines Gegengewichtes selbstthätig offen gehalten werden.

Endlich besprach Redner eine „Rauchbrett“, smoke board, genannte Vorrichtung, welche auf der London- und Nordwestbahn gebräuchlich und in niedrigen Hallen über der Gleismitte als Bohlenbrücke von 90 cm Breite behufs Vertheilung der aus den Lokomotivschornsteinen ausströmenden Rauchgase angebracht ist. Diese Rauchbretter schützen das Dachdeckungsmaterial und den Farbenanstrich der Bahnhofshallen gegen den zerstörenden Einfluss der Rauchgase in ganz erheblichem Maasse, so dass sich deren Anbringung auch bei uns in vielen Fällen empfehlen dürfte.

Die 3. Sitzung fand am 21. Januar in der Technischen

Hochschule statt, woselbst Herr Professor Dr. Hempel einen Vortrag „über die Prinzipien der Heizung“ hielt.

Redner beleuchtet zuerst die Frage, welches die ökonomischste Heizung sei und kommt dabei zu dem Schluss, dass hinsichtlich der Anlagekosten die gewöhnliche Ofenheizung bis heute für den Kleinbedarf noch nicht durch ein anderes System aus dem Felde geschlagen werden könne, dass aber bei grösseren Heizanlagen der Betrieb durch Gasfeuerung wohlfeiler als bei anderen Systemen werde, sobald sich der Gaspreis für 1 cbm auf nicht mehr als 6 bis 8 Pfennige stelle. Die Frage, wie sollen wir heizen, beantwortet Redner dahin, dass dasjenige System, mit welchem der alten Gesundheitsregel „Füsse warm, Kopf kühl“ am besten entsprochen werde, das vorzuziehende sei. Weder Luft- noch Dampfheizung entspricht so recht dieser hygienischen Forderung; nur bei einem System, das mit strahlender Wärme heizt, kann sich der Mensch bei richtiger und vernünftiger Anwendung wohl fühlen. Ueber die Wirkung strahlender Wärme verschiedener Heizkörper sind vom Redner eine grosse Reihe interessanter Versuche ausgeführt worden. Bei richtiger Konstruktion der strahlenden Mittel wird nicht bloss die Erwärmung der Luft, sondern auch die des Fussbodens des zu beheizenden Raumes erzielt, meistens werden hierzu tiefliegende parabolisch gekrümmte Metallspiegel verwendet.

Die neueste Konstruktion der Fr. Siemens'schen Gasöfen ermöglicht es, den Fussboden um 2—3° C wärmer als die Decke zu halten. Diese Öfen eignen sich besonders für nicht kontinuierlich zu beheizende Räume, in denen schnell Wärme verlangt wird, sie sind gefällig, kompakt, nicht hoch im Preise und nach allen Richtungen hin empfehlenswerth, falls der Gasbezug in Zukunft ein billigerer wird.

Nachdem in der 4. Sitzung am 28. Januar der Vorsitzende des Ablebens des Herrn Baurath Römer gedacht hat, nimmt Herr Regierungsbaumeister Bahse das Wort zu einer Mittheilung über **eine neue elektrische Weichen- und Signalstellung**.

Während auf dem Kontinent seither fast ausschliesslich steife Gestänge und Drahtzüge zur Kraftübertragung Anwendung gefunden haben, finden sich nur in England und Amerika daneben andere Mittel, wie Pressluft, hydraulischer Druck u. s. w. Dank dem Vorgehen der französischen Nordbahn gewinnt neuerdings die Elektrizität als Krafttransmission immer mehr an Bedeutung. Das neueste System dieser Art von der Firma Siemens & Halske ist im Jahre 1894 auf Bahnhof Prerau der k. k. Kaiser Ferdinands-Nordbahn zur Anwendung gebracht worden. Redner beschreibt im Einzelnen die Wirkungsweise dieses Systems an der Hand von Zeichnungen nach einem vom Baudirektor Regierungsrath Ast in Wien für den congrès internationale des chemins de fer verfassten Bericht. Zur Stellung von 25 Weichen und 11 Signalen wird in Prerau ein Strom von 115 V Spannung verwendet und ein Stromverbrauch von 80 A in 24stündigem, sehr regem Betriebe erforderlich. Der Strom wird von der Lichtmaschine des Bahnhofs an einen Akkumulator abgegeben. Die Anlagekosten des Siemens und Halske'schen Systems stellen sich ungefähr eben so hoch wie diejenigen des zur Zeit in Sachsen

üblichen Systems zentraler Weichenstellung, die Betriebskosten des elektrischen Systems sind dagegen ein wenig geringer.

In der sich an den Vortrag anschliessenden regen Debatte wird besonders hervorgehoben, dass man wünschen müsse, mit dem neuen System auch eine Zeitersparnis für die Stellung der Weichen zu erzielen; ein derartiger Erfolg dürfte für die weitere Anwendung desselben mit ausschlaggebend sein.

In der 5. Sitzung am 4. Februar 1895 hielt Herr Wasserbaudirektor Oberbaurath Weber einen Vortrag über den **„Einfluss der Form und der Flächenbeschaffenheit der Schiffe auf ihren Zugwiderstand.“**

Bei der Bewegung eines Schiffes im Wasser ist ein gewisser Widerstand, — der Schiffs- oder Zugwiderstand — zu überwinden. Von der Grösse dieses Widerstandes sind die Zugskosten abhängig. Theoretisch ist der Schiffswiderstand der Druck, den das Gewicht einer Wassersäule von der Geschwindigkeitshöhe h auf die eingetauchte Querschnittsfläche ausübt, also $h \cdot A \cdot \gamma$, oder wenn man für $h = \frac{v^2}{2g}$ setzt, $\frac{v^2}{2g} \cdot A \cdot \gamma$. Derselbe kommt aber nicht voll zur Wirkung, sondern ist mit einem Koeffizienten $k = 0,24$ bis $0,50$, für Elbschiffe nach Bellingrath $k = 0,38$, zu multiplizieren. Aus den hiervon abweichenden Formeln von Sonne, Sweet und Steinhaus geht hervor, dass über die Grösse dieses von Form und sonstiger Beschaffenheit der Fahrzeuge abhängigen Koeffizienten noch keineswegs Gewissheit herrscht.

Redner geht hiernach auf die von de Mas mit Unterstützung der französischen Regierung auf der Seine und im Burgunder Kanal angestellten Versuche ein. Die Versuche im offenen Wasser der Seine ergaben zunächst, dass der Schiffswiderstand aus 2 Elementen, dem Formwiderstand und dem Reibungswiderstand, besteht. Letzterer beträgt ungefähr 30% des Gesamtwiderstandes, und die Reibung an den Seitenwänden ist stärker als am Boden. Bei Schiffen von derselben Breite und Tauchtiefe, aber verschiedener Länge, stellt sich der Gesamtwiderstand als gleich heraus. Bezüglich der Form des Schiffes wurde gefunden, dass Schiffe mit vorn aufgebogenem Boden, wie die alten Elbkähne, den geringsten Widerstand zeigten.

Auch bei den Versuchen im eingeschlossenen Wasser des Burgunder Kanals, welcher 8,3 m Sohlenbreite und 2,2 m Tiefe hat, zeigte sich, dass der Gesamtwiderstand ebenfalls von der Schiffslänge unabhängig ist. In Betreff der Schiffsform erhielt man dasselbe Resultat wie bei den Versuchen auf der Seine. Aus den gewonnenen Zahlen und Widerstandskurven war ersichtlich, dass der Schiffswiderstand beim Uebergang eines Schiffes aus dem offenen Wasser in den Kanal zunimmt, und zwar umso mehr bei den Schiffen, die im Flusse die günstigsten waren, der Vortheil der Form ist also im Kanal geringer als im Fluss.

Die Versuche, welche noch fortgesetzt und zunächst auf die Widerstände eines und desselben Schiffes in Kanälen verschiedenen Querschnittes ausgedehnt werden sollen, haben bisher jedenfalls wesentliche Aufklärung gebracht und werden sicher dazu beitragen, zweckmässige, wenig Widerstand bietende Schiffsformen zu finden.

Das Strahlschiff „Dresden“.

Von G. Grosch, Dresden.

(Hierzu Tafel XII und XIII.)

In den letzten Jahren hat die „Kette“, Deutsche Elbschiffahrts-Gesellschaft, Schiffswerft Uebigau, vielfach Versuche mit einem von Herrn Geheimrath Prof. Dr. Zeuner erfundenen Reaktionspropeller, dem sogenannten „Turbinenpropeller mit Kontraktor“ angestellt; die Erfolge waren derart günstige, dass bis jetzt bereits sieben neue Dampfer mit diesem Propeller von der genannten Schiffswerft ausgerüstet worden sind.

Das erste für die sächsische Wasserbauverwaltung erbaute Strahlschiff „Sachsen“ wurde im Frühjahr 1893 in Betrieb genommen. Eine Abbildung desselben mit den hauptsächlichen Abmessungen des Schiffes, des Propellers nebst Probefahrtsergebnissen ist von dem Schiffsbauingenieur Professor Busley in der Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure 1894 Band 38 Nr. 1 veröffentlicht worden; die betreffenden Ergebnisse waren so beachtenswerth, dass sie das lebhafteste Interesse der deutschen und ausländischen Ingenieure in Anspruch genommen haben.

Das hier auf Blatt XII dargestellte Strahlschiff „Dresden“ ist das zweite derartige Schiff, welches die „Kette“, Schiffswerft Uebigau, für die sächsische Regierung baute; dasselbe dient als Bereisungsboot auf der Elbe, zum Einschleppen der Fahrzeuge in den neubauten Sicherheits- und Verkehrshafen Dresden-Friedrichstadt und als Eisbrecher im genannten Hafen.

Die wesentlichsten Bedingungen, welchen das Dampfboot zu entsprechen hat, sind daher folgende:

Geringer Tiefgang, sehr kräftiger Schiffskörper, um das Boot zum Enteisungsdienst zu verwenden, ferner grosse Schleppkraft und endlich möglichst grosse Geschwindigkeit, d. h. vier zum Theil einander widersprechende Anforderungen, welche die „Kette“ jedoch in ausserordentlich geschickter Weise gelöst hat.

Das Schiff besitzt folgende Abmessungen:

Länge in der Wasserlinie	13.600 m
Grösste Breite auf Spanten	3.200 „
Kleinste Höhe in der Bord	1.180 „

Tiefgang, betriebsfertig, mit 3 Personen und 600 kg Kohlen } . . .	0,580 m
Völligkeit der obersten Schwimmfläche .	0,730 „
Völligkeit des eingetauchten Hauptspantes	0,912 „
Schwimmflächeninhalt	31.760 qm
Eingetauchter Hauptspantenflächeninhalt	1,693 „
Verdrängungs-Völligkeit	0,593 „
Verdrängung	14.980 kg

Die Raumvertheilung des Bootes ist aus der Abbildung ersichtlich. Im Vorderschiff ist der nächst dem Steven gelegene Sitzraum im Freien mit Bänken und Bordverkleidungen von Teakholz ausgeführt.

Die Wände der vorderen Kajüte sind aus Teakholz; dieselbe ist im Innern elegant ausgestattet, die Wände sowie die Möbel sind polirt und die Bänke sind mit Polsterkissen belegt. Im Mittelschiff befindet sich die Maschinen- und Kesselanlage und im Hinterschiff eine geräumige Mannschaftskajüte aus Teak- und Kiefernholz für zwei Mann, sowie ein Kloset mit Pissoir.

Der Schiffskörper hat Spanten von $45 \times 30 \times 4$ mm Winkelstahl im Vor- und Hinterschiff und von $50 \times 40 \times 6$ sowie von $50 \times 40 \times 5$ mm unter der Maschine und dem Kessel. Die Spantenentfernungen betragen 250—400 mm im Vorderschiff und 350—500 mm im übrigen Schiff. Die Bodenwrangen sind im Maschinen- und Kesselraum aus 200 bis 250 mm hohem und 3 bis $4\frac{1}{2}$ mm starkem Stahlblech und an der Oberkante mit $60 \times 40 \times 8$, $60 \times 40 \times 6$, $40 \times 40 \times 5$ und $30 \times 30 \times 4$ mm Winkelstahl besäumt. Die Deckbalken sind aus $45 \times 30 \times 5$ und $45 \times 30 \times 4$ mm Winkelstahl, der Decksstringer besteht aus 200 bis 160×2 mm Stahlblech und ist mit der Aussenhaut durch den $35 \times 35 \times 4$ mm starken Bordwinkel vernietet.

Die Schottwände, der Kohlenbunker, sowie der Ueberbau über Maschine und Kessel bestehen aus 2 und $1\frac{1}{2}$ mm Stahlblech und entsprechendem Winkelstahl.

Die Aussenhaut besteht aus $4\frac{1}{2}$ bis $2\frac{1}{2}$ mm starken

Stahlblechen und befinden sich die stärksten Bleche des Eisbrechens wegen im Bereiche der Schwimmlinie sowie unter Wasser im Vorder- und Mittelschiff. Im vorderen Wassergang ist ausserdem noch eine besondere Eisverstärkung durch den Einbau zweier Seitenstringerwinkel und dahinter angebrachtem Holzfutter vorgesehen.

Das Deck besteht aus 35 mm starken kiefernen Latten, dasselbe wird durch ein 38 mm starkes Schanndeck aus Teakholz eingefasst und an der Bord läuft ringsum eine mit Halbrundeisen besäumte Wallschiene aus Eichenholz.

Hinten auf der Decke des Maschinenraums ist der drehbare Schlepphaken befestigt. Das Balance-Steueruder wird von dem aus dem Kontraktor mit grosser Geschwindigkeit ausfliessenden Strahle getroffen und verleiht dadurch dem Schiffe eine überraschend grosse Manövrierfähigkeit.

Eine nach dem Verbundsystem erbaute Hammermaschine ohne Kondensation dient zum Betriebe des Propellers. Die Zylinder haben 140 und 250 mm Durchmesser bei 200 mm Hub, und leistet die mit Klug'scher Steuerung versehene Maschine bei 300 Umdrehungen in der Minute und 10 Atmosphären Dampfspannung ungefähr 40 indizierte Pferdestärken.

Der Dampfkessel ist ein stehender Quersiederohrkessel von 14,6 qm Heizfläche und 10 Atmosphären Betriebsspannung; derselbe ist ausziehbar, um Kesselstein und Schlamm leicht entfernen zu können.

Wie schon erwähnt, ist der fragliche Dampfer mit einem Zeuner'schen „Turbinenpropeller mit Kontraktor“ ausgerüstet; dieser Motor ist deshalb gewählt worden, weil an dieses Bereisungsboot hinsichtlich der Schiffsgeschwindigkeiten und des geringen Tiefganges verhältnissmässig hohe Anforderungen gestellt werden mussten, denen weder durch Schaufelräder noch durch Schiffsschrauben getriebene Dampfer hinreichend genügen konnten. Kleine Raddampfer von 13,6 m Länge in der Wasserlinie und ca. 4 m mittlerer Geschwindigkeit (Mittel aus stromauf und stromab bei Vorwärtsfahrt) und kleine Schraubendampfer mit ca. 0,60 m Tiefgang und der angegebenen Geschwindigkeit lassen sich nicht vorthellhaft konstruieren; als Motor für Dampfboote von der Gattung der „Dresden“ u. a. dürfte daher nach diesseitigem Dafürhalten der Zeunersche „Turbinenpropeller mit Kontraktor“ sowohl Schaufelrad als auch Schraube zu ersetzen geeignet erscheinen.

Geheimrath Zeuner hat schon seit mehreren Jahren die Misserfolge der seither im Schiffsbau vereinzelt verwendeten Reaktionspropeller von Ruthven, Thorny-

croft etc. untersucht und bei der neuen Konstruktion erfolgreich vermieden. Derselbe schreibt hierüber an Professor Busley folgendes:*)

„Ich glaube, dass sich auch ohne gründlichere theoretische Erhebungen, in die ich leicht eintreten könnte, nachweisen lässt, warum die Ruthven'sche Konstruktion (Reaktionsschiff mit Zentrifugalpumpenbetrieb) nicht zu befriedigenden Resultaten führen konnte.

Das Betriebswasser wird nämlich vom Boden des Schiffes, also senkrecht, oder doch nahezu senkrecht zur Richtung der Schiffsbewegung angesaugt, dann im Schiffsinnern horizontal zum Eintritt in das Laufrad der Zentrifugalpumpe abgelenkt und dann von dem Mantelraum, welcher das Laufrad umgiebt, und in welchem es auf entsprechend hohen Druck gebracht wird, nach den beiden Ausgussöffnungen geführt, und zwar durch Röhren, die mit mehrfachen Ablenkungen (Krümmungen) versehen sein müssen.

Beachtet man nun, dass das Wasser mit verhältnissmässig grosser Geschwindigkeit durch die Röhren und die Ausflussöffnungen getrieben werden muss (sie beträgt etwa das 1,5 bis 2fache der Geschwindigkeit des Dampfers), so ist zu erkennen, dass die hydraulischen Widerstände, auch wegen der vorhandenen Rohrkrümmungen, sehr beträchtliche Arbeitsverluste ergeben müssen. Hierzu tritt der Umstand, dass auch der Wirkungsgrad der „getriebenen Radialturbinen“ (Zentrifugalpumpen) sich wesentlich niedriger einstellt als bei der treibenden Turbine, insbesondere wenn, was bei den älteren Konstruktionen zweifellos der Fall war, die Zentrifugalpumpe nicht mit grösster Sorgfalt, den theoretischen Grundlagen entsprechend, ausgeführt wird.

Nach dem Angegebenen erscheint nach den gemachten Erfahrungen in der That die Ansicht begründet, dass der Ruthven'sche Turbinenpropeller bessere Erfolge nicht erwarten lässt, selbst wenn man die Fortschritte verwerthen wollte, welche inzwischen im Bau der Zentrifugalpumpen erzielt worden sind.

Das Ziel, welches bei Ausführung dieses Propellers vorlag, liesse sich nur erreichen:

1. wenn die Rohrleitung mit ihren Krümmungen vollständig in Wegfall kämen;
2. wenn eine andere Pumpenanordnung in Anwendung gebracht würde, bei welcher das Wasser in der Richtung der Schiffsbewegung, also in der gleichen Richtung eintreten würde, in der es die Ausflussöffnungen verlässt, und
3. wenn bei normaler Schiffsgeschwindigkeit das Wasser stossfrei eintreten und ebenso ohne plötzliche Geschwindigkeits- und Richtungsänderungen durch den Treibapparat hindurchgeführt werden könnte.

Die genannten Bedingungen lassen sich aber wirklich erfüllen.

Theoretische Untersuchungen über die verschiedenen Schiffstreibapparate haben mich schon vor einer längeren Reihe von Jahren darauf geführt, ein anderes Turbinenpropellersystem der rechnerischen Untersuchung zu unter-

*) Vgl. Ztschr. d. V. d. Ing. 1894, S. 2.

werfen, welches die bezeichneten Bedingungen erfüllt; erst in den letzten Jahren habe ich aber die Gelegenheit herbeigeführt, den Entwurf praktisch ausführen zu lassen und durch Versuche im Grossen zu prüfen.

Als Pumpe wird eine Achsialvollturbine — System Henschel-Jonval — benutzt, die an Stelle der Schiffsschraube ausserhalb des Schiffes liegt (wenn sie auch in das Innere des Schiffes gelegt werden könnte).

Der Gedanke an sich, an die Stelle der Schraube eine Henschel-Jonval-Turbine zu setzen, wäre nun freilich nicht neu; schon Redtenbacher macht auf die Möglichkeit aufmerksam, diese Turbinengattung (ohne Leitschaufeln) als Treibapparat für Schiffe zu verwenden, und giebt selbst die Schlussresultate theoretischer Untersuchungen,*) allerdings mit der ausdrücklichen Bemerkung, dass die mathematischen Entwicklungen wahrscheinlich der Berichtigung bedürfen.

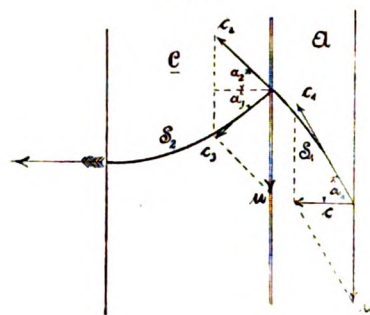
An Zahlenbeispielen zeigt dann Redtenbacher, dass sein Turbinenpropeller der Wirkung der Schraube nur wenig nachstehe. Wäre schon diese Bemerkung allein hinreichend, den Gedanken an den Ersatz der Schraube durch eine Achsialturbine sogleich aufzugeben, so tritt noch hinzu, dass die Redtenbacher'schen Formeln überhaupt unrichtig sind, und dass eine genauere Verfolgung der Sache die Anwendung der Turbine an Stelle der Schraube noch viel ungünstiger erscheinen lässt.

Später ist Werner**) auf den Gedanken Redtenbacher's zurückgekommen; der Umstand, dass Werner die Turbine mit einem Leitapparate versehen will, dürfte kaum als eine wesentliche Verbesserung anzusehen sein; das Laufrad der Henschel-Jonval-Turbine allein eignet sich überhaupt nicht zum Ersatz der Schraube, weil, konstante radiale Radweite vorausgesetzt, das Wasser parallel zur Achse des Rades mit konstanter Geschwindigkeit durchströmt, im Innern des Rades selbst eine Beschleunigung des Wassers in achsialer Richtung also gar nicht stattfindet.

Ganz anders liegt die Sache, wenn man die Achsialturbine als Pumpe wirken lässt; will man hier stossfreien

den Leitschaufeln anzuschliessen, welche das vom Laufrade kommende Wasser stossfrei achsial ablenken und einer im Gehäuse befindlichen Ausströmungsöffnung zuleiten, durch welche die Wassermasse als geschlossener Strahl achsial mit vermehrter Geschwindigkeit ausströmt. Dieses Gehäuse bezeichne ich als den „Kontraktor“, und seine Verbindung mit der Achsialturbine bildet nun das Neue meines Turbinenpropellers.

Fig. 2.



sind hohl und durch die Scheiben aa nach dem Laufrade hin abgeschlossen, damit das umlaufende Rad das tote Wasser nicht in Rotation versetzt. Ebenso ist auch das Innere des Laufrades hohl. Der im Innern des Kontraktors liegende Hohlraum G enthält ein Lager der Turbinenwelle. Der andere Hohlraum H wird durch einen Blechzylinder gebildet, der sich an die hintere Schiffswand anschliesst, wenn der Propeller in der Schiffsachse liegt.

Liegt ein Doppelturbinenpropeller vor, ein Propeller zu jeder der beiden Schiffsseiten, so wird man den Leitzkörper H nicht zylindrisch, sondern kegelförmig, die Spitze nach vorn gerichtet, ausführen (c. Taf. 1).

Die besprochene Anordnung wirkt, wie oben schon ausgesprochen wurde, als Pumpe, und zwar lassen sich die Vorgänge hierbei mit voller Schärfe auf dem Rechnungswege verfolgen. Die Theorie des Propellers mit den daraus zu folgernden Konstruktionsregeln werde ich bei späterer Gelegenheit veröffentlichen; hier sei nur hervorgehoben, dass bei stossfreiem Eintritte und Durchgang des Wassers der Druck vor dem Laufrade und hinter der Ausströmungsöffnung des Kontraktors gleich gross ist, sich aber beim Uebergang des Wassers aus dem Laufrad in den Kontraktor in einer Weise erhöht, die von den einzelnen Abmessungen des Apparates abhängt. Nur in Folge dieses Ueberdruckes erfolgt die beschleunigte Bewegung des Wassers nach der Kontraktorausmündung und damit die Erzeugung der treibenden Kraft (Reaktion). Das Turbinenlaufrad, das, wie bereits erwähnt, dem durchströmenden Wasser eine achsiale Beschleunigung nicht erteilt, wirkt also nur druckerhöhend, die Wirkung ist daher ganz wesentlich verschieden von der einer ummantelten Schraube, hinter welcher man, wie es Parsons und Tornyocroft bei ihren Schrauben mit Führungsflügeln ausgeführt haben, einige festliegende Leitschaufeln anbringt.

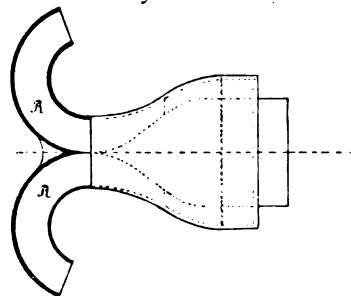
Steht bei unserem Propeller die Umdrehungsgeschwindigkeit u nicht im richtigen Verhältniss zur relativen Zuströmungsgeschwindigkeit c , Textfigur 2, so stellen sich vor dem Laufrade andere Druckverhältnisse ein. Das ist insbesondere der Fall, wenn der Apparat im ruhenden Wasser arbeitet, also das Schiff festgelegt ist. Es liegt dann vor dem Laufrade eine Druckverminderung vor, so dass das Laufrad das Wasser ansaugt und nach dem Kontraktor presst, wobei dann das Wasser nicht mehr stossfrei eintritt. Auch dieser Vorgang lässt sich theoretisch verfolgen; man kommt dabei zu dem Schluss, dass die Achsialturbine als wirkliche Pumpe, d. h. zur Wasserhebung benutzt, nicht vortheilhaft arbeitet; sie ist auch zu diesem Zwecke noch nicht benutzt worden, wohl aber zur Förderung von Luft, als Ventilator, wobei man statt des Kontraktors einen Diffuser in Anwendung gebracht hat.

Für den Schiffstreibapparat liegen aber die Verhältnisse gerade sehr günstig, weil hier bei dem in Bewegung befindlichen Schiffe das Wasser relativ schon mit gewisser Geschwindigkeit achsial in das Laufrad eingeführt wird.

Der Propeller in der angegebenen Form hat nun aber die Eigenschaft, dass die Rückwärtsbewegung des Schiffes nicht, wie bei der Schraube, dadurch hervorgebracht wird, dass man die Turbine in umgekehrter Richtung umlaufen lässt, also die Betriebsdampfmaschine umsteuert; in diesem

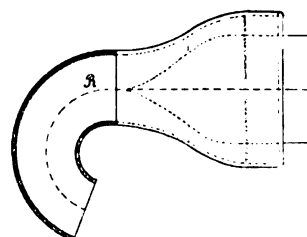
Falle würde die Wirkung jedenfalls eine unvollkommene werden; es wird vielmehr der Propeller noch mit einer besonderen Vorrichtung versehen, durch welche rasch und leicht der Rückwärtsgang des Schiffes eingeleitet und weiter erhalten werden kann. Man bringt zu diesem Zwecke einen Rückstrahlapparat oder Rückstrahler, Textfigur 3 u. 4, an, indem man vor die Ausströmungsöffnung des Kontraktors Schalen oder Rohrkrümmungen R schiebt, durch welche der Wasserstrahl aus der achsialen Richtung um einen zwischen 90 und 180° liegenden Winkel abgelenkt wird.

Fig. 3.



Der Strahl wird hierbei, wie Textfigur 3 zeigt, getheilt und auch rechts und links zugleich abgelenkt oder die Ablenkung findet, wenn der Propeller an der Schiffseite liegt, nur nach einer Seite, nach aussen hin, statt, Textfigur 4.

Fig. 4.



Die Anordnung des Rückstrahlers lässt sich praktisch in verschiedener Weise denken; man wird vor Allem nur dafür zu sorgen haben, dass er den Schiffswiderstand nicht vermehrt, wenn er (bei Vorwärtsgang des Schiffes) von der Austrittsöffnung des Kontraktors zurückgezogen ist. Der Rückstrahler wird also entweder aus dem Wasser herausgehoben oder, wenn der Propeller an der Schiffseite liegt, in eine Einbuchtung der Schiffswand zurückgezogen werden. Wird im letzteren Falle, beim Doppelpropeller, der Rückstrahler auf der einen Seite vorgelegt, auf der anderen zurückgezogen, so dreht sich das Schiff. Da, wie erwähnt, das Turbinenlaufrad immer in der gleichen Richtung umläuft, mag das Schiff vor- oder rückwärts gehen, so braucht die Betriebsdampfmaschine keine Umsteuerung zu besitzen, ein bei grossen bewegten Massen immerhin beachtenswerther Umstand.

Die treibende Kraft wird durch das mittels Dampfes bewerkstelligte Vorschieben oder Zurückziehen des Rückstrahlers fast augenblicklich und ohne jeden Stoss, d. h. ohne jede Erschütterung des Schiffes umgekehrt, selbst wenn

man die Dampfmaschine während des Vorganges mit voller Kraft weiter arbeiten lässt.

Es bedarf hier keines weiteren Hinweises, dass sowohl bezüglich der konstruktiven Ausführung des Turbinenpropellers mit Kontraktor wie auch seiner Lage ausserhalb oder innerhalb des Schiffes sich sehr verschiedene Anordnungen denken lassen. Insbesondere dürfte aber hervorzuheben sein, dass der Propeller auch zum Theil aus dem Wasser herausragen kann, wenn nur durch Anbringung einer Haube das Wasser unter dem Wasserspiegel eintritt, und damit dem Eindringen von Luft in den Apparat vorgebeugt ist; dies empfiehlt seine Anwendung für flachgehende Schiffe besonders.

Beurtheilt man die Wirkungsweise des beschriebenen Propellers vom rein theoretischen Standpunkte aus, so lässt sich erwarten, dass er beim Vorwärtsgang des Schiffes bei guter Konstruktion und richtiger Umlaufgeschwindigkeit die Wirkung der Schraube überragen muss, denn die schädlichen und Arbeitsverlust herbeiführenden Widerstände sind fast ausschliesslich nur auf die Reibungswiderstände des Wassers in den Turbinenkanälen und im Kontraktor zurückgeführt. Nur beim Rückwärtsgang, bei welchem sowohl die Reibungswiderstände in den Rohrkrümmungen des Rückstrahlers als auch die dadurch veränderten Druckverhältnisse beim Eintritt in das Laufrad hinzutreten, dürfte die Schraube für längere Fahrstrecken, wie sie aber doch selten vorliegen, günstiger wirken und vorzuziehen sein, wenn man darauf, dass man die Betriebsmaschine nicht umzusteuern braucht, kein Gewicht legen will.“

Der Turbinenpropeller des Dampfers „Dresden“ besteht aus der bronzenen Turbine *A*, vgl. Tafel XII u. XIII, dem gusseisernen Kontraktor *B* und dem kupfernen Rückstrahler *C*. Die Abmessungen sind folgende:

Mittlerer Halbmesser des Laufrades . . . $r = 238,5 \text{ mm}$
 Radiale Radweite $l = 147 \text{ „}$
 Gesammter äusserer Durchmesser . . . $D = 624 \text{ „}$
 Durchmesser der Ausströmungsöffnung
 im Kontraktor $\delta = 374 \text{ „}$

Anzahl der Schaufeln im Rade . . . $z = 13$.

„ „ „ „ Kontraktor . $z_1 = 12$.

Schaufeldicke im Rade $\sigma = 5 \text{ mm}$

„ „ Kontraktor . . . $\sigma_1 = 4 \text{ „}$

Schaufelwinkel $\alpha_1 = 62^\circ$, $\alpha_2 = 30^\circ$, $\alpha_3 = 54^\circ 22'$.

Das Eigenartige bei diesem Propeller besteht darin, dass die Betriebsmaschine immer in derselben Richtung umläuft, indem der Rückwärtsgang des Schiffes durch Einschalten des Rückstrahlers, welcher beim Vorwärtsgang über Wasser in einer Aussparung des Hecks untergebracht ist, bewirkt wird. Der mittels zweier senkrechten Stangen *e* geführte Rückstrahler wird vom Maschinistenstande aus mit Zuhilfenahme eines dünnen Drahtseiles durch Bewegen des Rückstrahler-Ausbalanziergewichtes leicht ein- bzw. ausgeschaltet. In der Abbildung im Längenschnitt Tafel XII ist der Rückstrahler eingeschaltet, dagegen in der Zeichnung Tafel XIII ist derselbe ausgeschaltet dargestellt.

Um das Ansaugen von Luft seitens der zum Theil über Wasser ragenden Turbine zu verhüten, wodurch der Wirkungsgrad des Propellers verringert würde, ist eine bis unter den Wasserspiegel reichende Schutzhaube *h* vorhanden.

Um das Eintreten von fremden Körpern in die Turbine zu verhindern, wodurch die Schaufeln beschädigt werden könnten, ist vor der Turbine ein Netz *n* aus Stahldraht angebracht.

Das Schiff erreicht bei günstigem Wasserstande eine Geschwindigkeit von $3,80 \text{ m}$ in der Sekunde und die Zugkraft in der Schlepptrasse beträgt ca. 450 kg .

Die folgende Zusammenstellung enthält die Versuchsergebnisse sowohl für den Vorwärtsgang wie für den Rückwärtsgang.

Lfd. Nr.	Tag des Versuchs	Pegelstand in Dresden cm	Tiefgang cm	Fahrt:	Schiffsgeschwindigkeit m	Umdrehungen in der Minute	Manometerstand Atm.	Stromstrecke	Anmerkung
1.	10. April	+ 162	62	vorwärts	stromab 5,73	300	10,0	Schlossstreppe in Uebigau bis Gauerwitz (Dampfschiff-landestelle) = 12832 m	42 Ps. (indiziert)
					stromauf 1,72	300	10,0		
					mittel 3,78	300	10,0		
2.	13. April	+ 123	58	rückwärts	stromab	1,725*)	288	10,0	300 m
					stromauf				
					mittel				

Der Kohlenverbrauch betrug 56 kg in der Stunde.

*) Die Maschinenleistung konnte beim Rückwärtsgang nur zum geringen Theile ausgenutzt werden; die Maschine hatte das Bestreben durchzugehen und musste der Dampf daher sehr stark gedrosselt werden.

Ueber registrirende Regenmesser und Pegel.

Vortrag für die I. Section der Hauptversammlung in Dresden am 19. Mai 1895

von

Prof. Dr. **Paul Schreiber**-Chemnitz.

(Hierzu Tafel XIV—XV.)

Meine sehr geehrten Herren! Zu den Aufgaben meines wissenschaftlichen Lebens gehört die wichtige Frage der Registrirung der Vorgänge in der Atmosphäre und an der Erdoberfläche durch selbstregistrirende Instrumente.

Sie wissen, meine Herren, dass man meteorologische Beobachtungsstellen auf den Gipfeln hoher Berge errichtet. Denken Sie bloss an die Bemühungen, auf dem Sonnblick in 3100 *m* Höhe ein Observatorium zu unterhalten und noch weiter auf dem Schneegipfel des Montblanc in einer Höhe von über 4000 *m* eine solche Stätte einzurichten und wissenschaftlich zu verwerthen.

Sie wissen weiter, dass man Expeditionen nach den von Schnee und Eis starrenden Gegenden der Polargegenden unserer Erde bereits ausgesandt hat und noch neue Expeditionen plant.

Denken Sie auch an die Bedeutung von Beobachtungsposten in den Wüstengebieten Australiens, Afrikas, Amerikas und Asiens, wo das eine Wort: Wasser für den Aufenthalt der Forscher eine so wichtige Rolle spielt, oder auf kleinen unbewohnten Eilanden, die mitten in den Ozeanen liegen, oder in den Gondeln von Luftballons, welche bis zu Höhen sich erheben sollen, in denen es für den Menschen unmöglich ist, selbst hinaufzudringen.

Was für eine Bedeutung müssen für alle solche Stationen Apparate haben, welche ohne jede Mitwirkung des Menschen, alle die wichtigen Notirungen machen, welche jetzt wissenschaftlich gebildete Männer unter allerhand Gefahren und Entbehrungen ausführen!

Und um was handelt es sich hier?

In erster Linie kommt die Registrirung von Druck, Temperatur und Feuchtigkeit der Luft in Frage. Hierfür sind bereits eine grosse Zahl von Instrumenten in praktischem Gebrauch und man kann bestimmt behaupten, dass die Registrirung dieser Elemente ohne jede Beaufsichtigung Wochen und Monate lang durchaus möglich ist und dass die Instrumente hierzu die direkte Beobachtung vollständig ersetzen können.

Mit eben solcher Sicherheit lassen sich Instrumente für die Zeit und Stärke des Niederschlages in Form von Regen und Schnee einrichten.

Etwas anders ist dies mit der Registrirung der Richtung und der Stärke des Windes. Hier kann es leicht eintreten, dass durch Raufrost und ähnliche Einwirkungen die in der freien Luft aufgestellten Instrumente, die Windfahne und die Stärkemesser ihren Dienst versagen.

Aber auch hier liesse sich durch Uebergang auf ein anderes System der Messung Abhülfe schaffen, wenn die örtlichen Verhältnisse nicht gar zu ungünstig sind.

Auch bezüglich der Dauer des Sonnenscheins lassen sich exakt wirkende Instrumente denken.

So bleiben nur noch die Notirungen über die Bewölkung übrig, welche dem Problem der Registrirung wesentliche Schwierigkeit entgensetzen, wenn auch hier die Photographie helfen könnte.

Gehen wir zur Erdoberfläche, so finden wir als wichtige, der Registrirung zu unterwerfende Erscheinungen, zunächst die Temperatur der auflagernden Luftschichten und des Erdbodens bis in die Tiefen, in welche die jährlichen periodischen Schwankungen nicht mehr eindringen.

Wir haben die Tiefe der den Boden stetig oder zeitweise bedeckenden Schneeschicht und deren Temperaturen zu verfolgen. Wo Gewässer sich vorfinden, mögen sie Flüsse oder Bäche, Teiche, Seen oder Ozeane sein, da wird es sich um Registrirung des Wasserstandes handeln, da dieser direkt oder indirekt die Wasserquantität ergibt.

Erwähnen will ich noch die Messung der Verdunstung, den Stand des Grundwassers u. s. w.

Ich könnte, meine Herren, Ihnen über diese Sachen noch eingehendere Mittheilungen machen, es würde dies aber hier zu weit führen und so will ich mich mit dieser allgemeinen Feststellung der Aufgabe begnügen.

Die Arbeit an dem Ausbau der Wissenschaft der meteorologischen Registrirmethoden, wie man dies nennen kann, war in den ersten Jahren meiner wissenschaftlichen Thätigkeit das Hauptziel meiner Bestrebung.

Angeregt wurde ich durch das auf der Sternwarte in Leipzig schon seit nahezu 30 Jahren in Gang befindliche registrirende Barometer, dessen Angaben ich zu einem Flächennivellement der Sektionen Leipzig, Oschatz und Grossenhain der Generalstabkarte (Karte des deutschen Reiches in 1:100 000) bedurfte und worüber ich im Jahr-

gang 1874 des Civilingenieurs Ihnen bereits Bericht erstattet habe.

Hier ist das System des Waagebarometers in Anwendung gebracht, d. h. es ist die Barometerröhre an einem Winkelhebel aufgehängt. Jede Aenderung des Luftdruckes bewirkt eine Aenderung im Gewicht der Röhre und diese bedingt eine Bewegung des Systemes bis die neue Gleichgewichtslage erreicht ist.

Verbindet man mit diesem System einen Schreibstift, der sich an einer Trommel oder einer Platte bewegt, so hat man das Mittel, die Aenderungen des Luftdruckes ununterbrochen oder in Intervallen aufschreiben zu lassen.

Bereits 1872 legte ich der philosophischen Fakultät der Universität Leipzig eine Abhandlung über die Theorie und Praxis des Waagebarometers vor, auf Grund deren mir die Doktorwürde verliehen wurde. Später baute ich das Grundsystem des Waagebarometers aus. Ich hing eine Glocke an einem Waagebalken auf, liess diese in Quecksilber eintauchen und leitete eine Röhre durch das Quecksilber in den abgeschlossenen Luftraum der Glocke. Wurde diese Röhre mit irgend einem Gefäss, das Luft enthält, in Verbindung gebracht, so ergab jede Aenderung in der Spannung dieser Luft eine Aenderung im Gewicht der Glocke oder richtiger in dem Zug, den sie am Waagebalken ausübt. Ein solches System habe ich Waagemanometer genannt.

Ein Waagemanometer ist im Stande, wie jedes andere Manometer die Differenz zwischen dem Druck in irgend einem Gefäss und der Atmosphäre mit jeder beliebigen Genauigkeit zu geben. Es ist dabei gleichgültig, ob sich in dem Gefäss ein Gas oder eine Flüssigkeit befindet. Wie Sie, meine Herren, sehen werden, wird das Waagemanometer sich sehr leicht zur Registrirung einrichten lassen und wird es überall da verwendbar sein, wo direkt Druckdifferenzen zu registriren sind, wie bei dem Wasserstand, der Regen- und Verdunstungsmenge, bei dem Luftthermometer u. s. w.

Soll das Waagemanometer auch zur Registrirung anderer Erscheinungen als Schneetiefe, Richtung und Stärke des Windes u. s. w. Verwendung finden, so wird man versuchen müssen, die Aenderungen in diesen Grössen in Druckänderungen umzusetzen.

Die einfachste Anwendung des Waagemanometers ist die beim Luftthermometer.

Sie wissen, meine Herren, dass mit der Temperatur sich im Allgemeinen der Druck einer in einem Gefäss eingeschlossenen Luftmasse ändert und dass man umgekehrt aus den Druckänderungen die Temperaturänderungen berechnen kann.

Will man die Temperatur an einer Stelle der Atmosphäre bestimmen, wie dies ja eine der häufigsten Aufgaben der meteorologischen Forschung ist, so wird man dort ein Gefäss von möglichst grosser Oberfläche, also ein Röhrensystem aufstellen, ein enges Rohr von diesem Gefäss hinein in das Zimmer führen, wo sich das Waagemanometer befindet und wird die Kurve, welche ein an diesem Manometer befindlicher Stift schreibt, als die Temperaturkurve zu betrachten haben.

Sie ist es jedoch nur dann rein, wenn bei den Aen-

derungen der äusseren Temperatur der Barometerstand und die Temperatur des Manometers (innere Temperatur) konstant geblieben sind.

Das ist aber selten oder nie der Fall und so wird irgend eine Ordinate dieser Temperaturkurve y_1 als eine Funktion der äusseren Temperatur t der inneren Temperatur τ und des Barometerstandes b anzusehen sein. Um t zu finden und aus den Werthen von y_1 zu bestimmen, muss man also dafür sorgen, dass der Luftdruck und die innere Temperatur gleichzeitig registrirt werden.

Das kann geschehen durch ein Waagebarometer, dessen Ordinaten y_2 als Funktion des Barometerstandes b und der inneren Temperatur τ erscheinen und eines zweiten Waagemanometers, das in seiner Röhre über dem Quecksilber Luft enthält, aber nicht mit der äusseren Temperatur kommuniziert und ebenfalls Kurven giebt, deren Ordinaten y_3 Funktionen von b und τ sind, wobei aber der Einfluss von τ wesentlich grösser ist. Diese drei Instrumente liefern stets drei zu einander gehörige Angaben, welche durch drei Gleichungen von der Form

$$y_1 = f_1(t, b, \tau)$$

$$y_2 = f_2(b, \tau)$$

$$y_3 = f_3(b, \tau)$$

darstellbar sind und aus denen also t , b und τ bestimmt werden können.

Das war der Grundgedanke zu dem Registrirapparat, den ich „Barothermograph“ genannt habe und der sich seit dem September 1877 auf der Kaiserl. deutschen Seewarte in Hamburg befindet.

Ich kann dem Direktor dieses Instituts Wirkl. Geh. Admiralitätsrath Dr. Neumayer nicht dankbar genug sein, dass es bloss durch sein Entgegenkommen möglich war, den Gedanken zur Ausführung zu bringen. Die Beschreibung und Abbildung des Instrumentes findet sich in den Berichten der Seewarte und dem Band XIV von Carl's Repertorium für Experimental-Physik u. s. w.; ausgeführt wurde es in der mechanischen Werkstatt von G. Lorenz in Chemnitz nach meinen Zeichnungen.

In einer weiteren Arbeit im XV. Band von Carl's Repertorium behandelte ich die ganze Theorie des Waagemanometers und zeigte, wie dasselbe zur Registrirung der meisten meteorologischen Elemente einschliesslich Richtung und Stärke des Windes verwendet werden kann und wie es sich namentlich bei Pegelapparaten leicht verwenden lässt.

Im XVIII. Band dieses Repertorios wurde endlich der im August 1881 fertig gestellte Entwurf eines Telemeteorographen publizirt. Hier handelte es sich darum, den Registrirapparat so einzurichten, dass er an Orten aufgestellt werden kann, an denen ein längerer Aufenthalt des Menschen nur mit Gefahr für Leben und Gesundheit verbunden, mindestens aber mit Entbehrungen aller Art verknüpft ist. Ein solcher Apparat soll an Ort und Stelle registriren, nebenbei aber auch täglich, nach Belieben oft, seine Angaben nach beliebiger Entfernung, so weit als es nach dem gewöhnlichen Morseverfahren möglich ist, direkt telegraphisch übermitteln.

Der Grundgedanke hierzu ist der, dass in einem gegebenen Moment ein Laufwerk ausgelöst wird, wodurch nach einander eine Anzahl von Schleifkontakten, die um

Zylinder schleifen, in Bewegung gesetzt werden. Auf einem ersten solchen Zylinder ist aus Strichen und Punkten nach dem Morse-Alphabete die übliche Anrufsformel zusammengestellt. Sowie der Ruf in den Apparaten der Empfangsstation ertönt, setzt der Beamte den Streifen seines Schreibapparates in Bewegung. Nun schleift ein zweiter Kontakt über eine Rolle, die mit dem Rohr des Waagebarographen sich bewegt. Auf dieser ist ein Stift angebracht, dessen Stellung von der Stellung dieses Rohres, also vom Luftdruck abhängt, der also darnach früher oder später von der Kontaktfeder erreicht wird und somit direkt die Stellung, indirekt den Luftdruck angiebt. Ähnlich ist dann die Beurkundung der Stellung der anderen Instrumente.

Sie sehen, meine Herren, dass die durch das Uhrwerk in genau vorgeschriebener und bekannter Weise bewegten Schleiffedern den „Beobachter“ darstellen und dass diese die Beobachtungen durch Markirung der mit den Instrumentenstellungen veränderlichen Abstände der beweglichen Kontaktnöpfe von festen Knöpfen ausführen.

An die Realisirung dieses, wie so manchen anderen Projektes, habe ich leider noch nicht herantreten können. Ich kann Ihnen also auch nicht sagen, ob Aussicht vorhanden ist, dass die in den genannten Arbeiten entwickelten Ideen sich als praktisch brauchbar erweisen werden, wenn ich Ihnen auch mittheilen kann, dass der leider verstorbene Werner von Siemens das Projekt des Telemeteorographen als gut durchgearbeitet bezeichnet hat und auch verschiedene Male für praktische Erprobung der Pegelapparate eintrat.

Es war mir ein Bedürfniss, Ihnen, meine Herren, diese Arbeiten namhaft zu machen, sie sind jetzt vollständig der Vergessenheit anheim gefallen. Meine werthen Herren Kollegen haben dieselben mit dem Mantel der christlichen und kollegialen Nächstenliebe zugedeckt, haben ohne es nur für der Mühe werth zu erachten, meinen Namen zu nennen, viele der von mir angeregten Ideen verwerthet und von allen den heutigen Meteorologen weiss kaum einer, dass ich mich auch einmal mit diesen Sachen beschäftigt habe. Ich könnte hierüber Ihnen erbauliche Dinge erzählen, dass hat aber keinen Zweck und so lassen Sie uns darüber hinweggehen.*) — Als ich im Jahre 1882 die Leitung des meteorologischen Institutes übernahm, musste ich diese Arbeiten unterbrechen.

Nach nahezu 12jähriger Pause habe ich begonnen, dieselben wieder aufzunehmen. Hierzu wurde ich durch die Nothwendigkeit, erst unsere Zentralstelle und dann andere Stationen — in erster Linie den Fichtelberg — mit registrirenden Instrumenten auszurüsten, veranlasst.

Von den in dem Handel befindlichen Apparaten erscheinen nur wenige recht praktisch.

Wir finden auf der einen Seite, vertreten namentlich durch den genialen Konstrukteur R. Fuess, Instrumente, die mit allen Chikanen konstruirt werden und dadurch sehr theuer sind. So prächtig ein solcher Apparat aussieht und die Bewunderung der Beschauer heraus fordert, so wenig stehen Preis und Komplikation mit dem in richtigem

Verhältniss, was man praktisch von einem solchem Instrument erfordert. Die Instrumente sind zu splendid ausgestattet und enthalten trotzdem einige bedenkliche Fehler gegen rationelle Konstruktionsprinzipien.

Auf der anderen Seite sind die Registrirapparate zu klein. Das gilt namentlich von den vielverbreiteten Instrumenten der Firma Richard Frères in Paris. Ich habe von dieser Firma drei Instrumente in Gebrauch. Zwei, der Barograph und Thermograph, arbeiten nun seit acht Jahren und hat sich gezeigt, dass diese Instrumente unter Kontrolle sich gut bewähren. Aber die bewegende Kraft ist zu klein und so werden die Extreme zu stark abgeschwächt, trotzdem die Reibungswiderstände in den Lagerungen der Achsen und des Schreibstiftes sehr klein sind. Einen Hydrographen habe ich erst seit kurzer Zeit in Verwendung, kann also noch nichts darüber sagen. Für technische Zwecke kann ich Ihnen aber die beiden erstgenannten Instrumente voll empfehlen.

Mein Bestreben ist, den richtigen Mittelweg zu finden und Apparate mit möglichster Einfachheit der Konstruktion herzustellen, dabei aber die Zuverlässigkeit zu erlangen, die man fordern muss, wenn der Apparat die direkte Beobachtung unnöthig machen soll.

Ich habe die Ueberzeugung und dazu bin ich durch meine Untersuchungen über die Einstellung von hohlen und massiven Körpern beim Schwimmen in Quecksilber, die ich in der Zeitschrift für Instrumentenkunde, Jahrgang 1881, publizirt habe — berechtigt, dass die Verwendung des Systemes der Waagemanometer Apparate wird herstellen lassen, die für die wichtigsten Elemente die direkte Beobachtung vollständig unnöthig machen werden.

Aber diese Instrumente werden theuer, weil grosse Quecksilbermassen gebraucht werden, wenn das freie Schwimmen erzielt werden soll, da bei dem geringsten Anlegen der Schwimmer an Rohrwandungen u. s. w. sofort bedeutende Widerstände gegen die exakte Einstellung entstehen.

Für die Zwecke des meiner Leitung anvertrauten Institutes erscheint es zunächst nicht nöthig, solche Apparate zu verwenden.

Hier wird eine Kontrolle durch direkte Ablesung schon durch die regelmässige tägliche Berichterstattung für unsere Wetterberichte bedingt und dann kann man sich mit Apparaten begnügen, die hinreichende Empfindlichkeit haben, aber bezüglich der Konstanz ihrer Angaben der Kontrolle bedürfen.

Die Erfahrungen mit Aneroidbarometern, deren Verwendung in der Wissenschaft ich schon vor 20 Jahren allen meinen Kollegen gegenüber vertrat*), und namentlich mit den Richard'schen Instrumenten haben mich veranlasst, zunächst die Waagemanometer durch federnde Dosensysteme zu ersetzen.

Wir begannen mit Herstellung eines registrirenden Regenmessers, dessen Haupttheil auf Taf. XIV dargestellt ist. Hierzu wurde ein ca. 5 m langes zweizölliges Gasrohr so am Haus angebracht, dass es genügend weit über den Rand des Daches emporragt und darauf einer unserer Regenmessertichter befestigt. Jeder Millimeter Regen ergiebt in diesem

*) Ich freue mich hierzu berichtend mittheilen zu können, dass Dr. Snellen-Utrecht neuerdings den Telemeteorographen aus der Vergessenheit herausgezogen hat.

Rohr eine Wassersäule von ungefähr 25 mm Höhe. Ein Bleirohr führt vom Boden des Druckrohres nach einem System von 6 Dosen aus $\frac{1}{2}$ mm starkem Neusilberblech. Die Dosen haben 100 mm Durchmesser. Mit dem System ist ein zweiarmer Hebel verbunden, der an der einen Seite ein Gewicht (50 gr) trägt, das dem System eine Spannung ertheilt, so gross, um eine sichere Einstellung zu geben. Am anderen Hebelarm greift das Dosensystem in kleinem Abstand von der Drehachse an, während am Ende dieses Armes, 500 mm von der Achse entfernt, sich die Schreibfeder befindet. Diese Schreibfeder markirt die durch Druckänderung bedingte Bewegung des Dosensystemes an einem Zylinder von 200 mm Durchmesser und 250 mm Höhe.

Die Bewegung des Stiftes ist so regulirt, dass jeder Millimeter Niederschlag denselben ca. 1 mm hebt, so dass die Streifenbreite für 200 mm ausreicht. Das Verhältniss der Bewegung des oberen Endes des Dosensystemes zu der des Stiftes ist dabei 1:20.

Bei diesen Verhältnissen kann der Apparat natürlich nur für starke Niederschläge gebraucht werden.

Wie er dabei arbeitet, können Sie, meine Herren, aus einigen der Kurven erschen, welche er in den Jahren 1893 und 1894 bei starken Regenfällen gezeichnet hat und die auf Tafel XV in natürlicher Grösse abgebildet wurden. Die vertikalen Eintheilungslinien stellen Stundenintervalle dar, die horizontalen Centimeter Niederschlag.

Ich will nunmehr versuchen, ihn auch für schwache Niederschläge einzurichten. Das wird dadurch möglich werden, dass man zwei Druckrohre nebeneinander anwendet. Ich gedenke beiden Druckrohren zwei Meter Länge zu geben. Es soll das eine einen Querschnitt von $\frac{1}{200}$ der Auffangfläche haben, während der des anderen $\frac{1}{10}$ dieser Fläche beträgt. Im engen Rohr werden dann 10 mm Niederschlag Aufnahme finden können, wobei jeder Millimeter 200 mm Höhe haben wird. Wird dann die Uebersetzung der Dosenbewegung entsprechend eingerichtet, so wird jedes Zehntel des Niederschlages durch 2 mm Hebung der Schreibfeder markirt werden und wird es so möglich sein, auch noch $\frac{1}{100}$ mm sicher zu erkennen.

Das zweite Druckrohr nimmt 200 mm Niederschlag auf, aber jeder Millimeter hat nur 10 mm Höhe und bedingt nur 1 mm Hebung des Schreibstiftes. Das wird aber ausreichen zur Bestimmung starker Niederschläge. Der Hauptübelstand wird dabei der sein, dass der Apparat sich nicht so lange selbst überlassen bleiben darf wie jetzt, dass er öfters entleert werden muss. Als Vortheil erscheint aber, dass bei 2 statt 5 m Länge des Druckrohres die Heizbarkeit des Aufnahmeapparates sich leichter erreichen lässt, die Federdosen weiter von der Elastizitätsgrenze entfernt bleiben und auch die Messung selbst genauer wird. Die Manometer für beide Druckrohren werden nebeneinander gestellt und schreiben auf denselben Zylinder, was durchaus möglich ist, da, wenn die Federn bei der Nullstellung dicht übereinander stehen, sie sich bei Regenfall von einander entfernen und so Kurven geben, die sich vollständig getrennt halten.

Was die Bewegung des Zylinders betrifft, so ist dieselbe so eingerichtet, dass eine Umdrehung in 50 Stunden

stattfindet. Der Streifen muss also alle zwei Tage gewechselt werden und die Bewegung in einer Stunde beträgt ca. 12 mm.

Da ich dasselbe System der Schreibvorrichtung bei verschiedenen Registrirungen anwenden will, wobei diese Vorrichtungen an sehr verschiedenen Stellen stehen, habe ich eine elektrische Bewegungsvorrichtung angebracht. Eine Uhr giebt nach je 30 Sekunden einen Stromschluss, wodurch mittelst eines Elektromagneten ein 60 zahniges Rad um je einen Zahn vorrückt. Diese Bewegung überträgt sich auf eine Schraube, die in ein 100zahniges Rad greift. Die Stunden werden durch einen zweiten Elektromagneten markirt, der eine Feder am unteren Rand des Streifen ein wenig anhebt. Diese Feder giebt zugleich die Nulllinie. Sie werden aber sehen, dass die Bewegung direkt durch ein Uhrwerk der einfachsten Art*) erfolgen kann, so dass höchstens für die Stundenmarken eine elektrische Vorrichtung nöthig sein wird und jedenfalls einfacher als eine durchaus mögliche mechanische Stundenmarkirung sich anordnen lässt. Braucht man mehrere Apparate, die nebeneinander angeordnet werden können, so wird deren Kuppelung ohne Schwierigkeit möglich sein. Erwähnen will ich noch, dass die Elektromagneten ca. 20 Ohm Widerstand enthalten und mit weniger als 0,1 Ampère arbeiten.

Auch will ich der Vollständigkeit wegen hinzufügen, dass ich zur Ermöglichung der Verwendung dieses Apparates bei Frost — d. h. um die Druckrohren wenigstens vor dem Zufrieren zu schützen — folgende Einrichtung angebracht habe (Fig. 2, Tafel XV). Von dem Druckrohr gehen unter der nach dem Manometer führenden Röhre zwei weite Bleirohre nach einem genügend grossen zylindrischen Gefäss in einen frostfreien Raum. Die eine Röhre ist auf den Boden dieses Gefässes geleitet, die andere mündet bloss in den Deckel. Das Gefäss wird mit Petroleum resp. Benzin gefüllt. Das Regenwasser sinkt in dem Petroleum nieder, läuft in das Gefäss und treibt das gleiche Volumen Petroleum in das Druckrohr. In diesem steht also und wirkt auf das Manometer das Petroleum, was allerdings den Nachtheil hat, dass bei dem kleineren spezifischen Gewicht die Druckwirkung eine geringere ist, als wenn sie das Wasser direkt ausüben würde.

Jedenfalls hat dieses Mittel den Apparat auch bei dem strengen und anhaltenden Frost des letzten Winters vor dem Verderben geschützt, wenn er auch zur Registrirung der Schneefälle leider nicht hat dienen können.

Sie werden, meine Herren, erschen, dass der Apparat so wie er jetzt ist, für Ihre Zwecke, d. h. für Ermittelung der Art des Niederschlages bei sehr starken Regenfällen das ergiebt, was Sie brauchen und vielleicht in einer besseren Form als andere der bereits vorhandenen Systeme registrierender Regenmesser.

Da der beschriebene Apparat sich in der Hauptsache bewährt hat, wurde das Instrument gebaut, das ich mir erlaube, Ihnen hier vorzuführen. Es soll als ein Versuchsapparat dienen, an dem alle die Einzelheiten studirt werden

*) Den Bau derartiger Apparate hat die Firma G. Lorenz, mechanische Werkstatt, Chemnitz, Schillerplatz 15, übernommen. Der Preis eines kompletten registrierenden Druckmessers für Regenwasser und Wasserstände beträgt 180 M.

sollen, die bei der Verwendung der Dosenfedermanometer zu verschiedenen Zwecken von Einfluss gedacht und vorhergesehen werden können. Die Einrichtung entspricht fast genau der des registrirenden Regenmessers, nur wenige Abänderungen wurden vorgenommen.

Wie Sie, meine Herren, wissen werden, habe ich schon mehrere Male auf die Wichtigkeit des Studiums der Beziehung zwischen Niederschlag und Abflussmenge in den Flüssen hingewiesen. Ich gehe dabei von dem Gedanken aus, dass die eingehenden Beobachtungen, welche wir in Sachsen über die Quantität des Niederschlages und der Art des Fallens derselben anstellen, nur dann einen wahren Werth erhalten werden, wenn sie in Verbindung gebracht werden mit allen den Vorgängen, die zweifellos mit den Niederschlagserscheinungen zusammenhängen. Als das Ideal der Forschung schwebt mir vor, dass nicht nur der Niederschlag gemessen und hierüber genau Buch und Rechnung geführt wird, sondern dass auch genaue Ermittlungen darüber stattfinden, was aus dem Niederschlag wird. Hiermit steht in Zusammenhang die Statistik der Schneedecke, welche im letzten Winter in ausserordentlich dankenswerther Weise durch die Königl. Strassen- und Wasserbauinspektionen unterstützt wurde. Ob und wie weit die Erörterungen über die Mengen, welche verdunsten, sich anstellen lassen und zu einem vernünftigen Ziele führen werden, dass muss ich hier dahingestellt sein lassen. Ebenso ist es mit den Mengen, die im Schoosse der Erde irgendwo hinströmen und an Stellen zum Vorschein kommen, von denen wir jetzt vielleicht noch gar keine Vorstellung haben.

Dagegen kann man mit Bestimmtheit behaupten, dass die Statistik der in den Flussläufen dahinfließenden Wassermengen sich in befriedigender Weise wird durchführen lassen. Sie sollte auch nunmehr ernstlich in Angriff genommen werden, damit man für alle die vielen Projekte, welche jetzt auftreten, die Aufspeicherung des Wassers, seine Verwendung zu Betriebszwecken, zur Wasserversorgung, zur Reinigung, zur Bewässerung u. s. w., genaue Auskunft über die in den Flussläufen verfügbaren Wassermengen geben kann.

Bei der Art unserer Gewässer in Sachsen reicht die einfache Pegelmessung nicht aus. Es treten hier zu viele Aenderungen in den Abflussverhältnissen durch die Aufstauung und darauf folgendes Ablassen nach Maassgabe des Betriebes der vielen Werke an allen unseren Flussläufen ein. Hier können nur registrirende Pegel das Material zur genauen Ermittlung der Abflussmengen liefern und wir werden eine ziemliche Anzahl solcher Apparate bedürfen.

Um also die Aufnahme durchzuführen, wird es nöthig sein nach Vorrichtungen zu suchen, die möglichst einfach sind und sowohl in Beziehung auf die Kosten der Instrumente und deren Bedienung als auch auf die Kosten der Wasserbauten für ihre Aufstellung und deren Unterhaltung die geringsten Anforderungen machen.

Allen diesen Anforderungen dürfte das Ihnen, meine Herren, hier vorgeführte Instrument entsprechen.

Zunächst glaube ich, dass es kaum möglich sein wird, dem eigentlichen Druckmesser und dem Registrirapparat eine einfachere Form zu geben, wenn sich vielleicht auch diese oder jene Verbesserung wird anbringen lassen. Sie werden auch sehen, wie er in allen Theilen so solid kon-

struirt ist, dass ihm Jahrhunderte kaum etwas werden an-
thun können, wie aber sich Reparaturen werden leicht vor-
nehmen lassen. Die Bedienung des Apparates, die im Auf-
ziehen der Uhr und dem Abnehmen und wieder Umlegen
des Papierstreifens besteht, kann jedem einigermaassen an-
stelligen Bureaubeamten oder Arbeiter überlassen werden.

Die Verbindung des Druckmessers mit dem Wasser, dessen Oberflächenstand registrirt werden soll, ge-
schieht durch ein Bleirohr. Dieses Rohr wird vom rein
theoretischen Standpunkt aus beliebig nach dem Fluss
geführt werden können und wird auch nur sehr kleinen
Durchmesser zu haben brauchen, da ja eigentlich nur eine
Druckübertragung stattfindet. Es hat sich nur so viel
Wasser hin- und zurückzubewegen als die Volumenänderung
der Dosen bedingt und diese ist klein.

Deshalb kann auch der Druckmesser theoretisch in
beliebiger Entfernung von dem Fluss aufgestellt
werden.

Hervorzuheben ist auch, dass das ganze System mit
dem Flusswasser nicht in direkte Verbindung zu kommen
braucht und dass dann Druckmesser und Rohrleitung mit
einer anderen Flüssigkeit gefüllt sein können. Es wird ge-
nügen, wenn man — um ein Beispiel anzuführen — am
Ende der Rohrleitung eine Blase anbindet und diese in
das Flusswasser legt. Die Wandung einer solchen ist biegsam
genug, um die Druckübertragung zu ermöglichen. Dies
würde bei unreinem oder salzhaltigem Wasser Anwendung
finden können; der Messapparat würde mit einer schwer
frierenden und Metall wenig angreifenden Flüssigkeit gefüllt
werden können.

Die Praxis wird aber hierzu noch manche Anforderun-
gen stellen.

So wird man die Rohrleitung bis zu einer gewissen
Tiefe eingraben müssen, um sie vor Beschädigungen durch
mechanische Einwirkung und Frost zu schützen.

Wenig weitere Rücksicht hat man dann zu nehmen,
wenn es möglich ist, den Druckmesser so zu stellen,
dass er in der Höhe oder gar unterhalb des tiefsten
Wasserstandes steht. Alsdann herrscht stets Ueberdruck
im System. Der Apparat kann dann allen Verhältnissen
des Flusses angepasst werden.

Je höher der Wasserstand werden kann, um so stärker
hat man das Blech und um so mehr Dosen hat man zum
Druckmesser anzuwenden. Es handelt sich hierbei nur darum,
die Elastizitätsgrenze bei dem höchsten Druck nicht zu
überschreiten. Natürlich wird man auch den Papierzylinder
höher machen können, wenn dies auch eine Komplikation
des Schreibwerkes bedingen würde und die Anordnung einer
Geradführung der Feder angezeigt erscheinen lassen dürfte.

Da man vom Fluss beliebig weit weggehen kann, falls
nur die Weite der Röhren wegen der zwar geringen aber
doch vorhandenen Bewegung des Wassers nicht zu klein
genommen wird, wird es vielfach möglich sein, die Druck-
apparate so tief zu stellen, ohne sie der Gefahr der Ueber-
fluthung auszusetzen.

In den meisten Fällen würde aber die Erfüllung dieser
Bedingung die Anlage unnöthig vertheuern und wird man
also in den meisten Fällen den Druckmesser über den
tiefsten Wasserstand stellen müssen.

Theoretisch ist dieser Höhe eine Grenze nicht gesetzt, wenn man — wie schon erwähnt — die Röhre am Ende mit einer Blase verbunden in das Wasser einlegt.

Anders ist dies aber, wenn die Flüssigkeit in der Röhre direkt mit dem Flusswasser kommuniziert und durch den Luftdruck in der Röhre und dem Druckmesser gehalten wird.

Dies setzt zunächst absolute Dichtheit aller Theile voraus.

Dann könnte der Druckmesser höchstens 10 *m* über dem tiefsten Wasserstand angebracht werden.

So weit kann man aber natürlich nicht gehen.

Selbst wenn man Dosenfedermanometer für Druckdifferenzen bis zu 1 Atmosphäre anwenden wollte, würden Luftausscheidungen sehr störend eintreten und die Funktion der Instrumente zwar nicht unmöglich machen, aber doch sehr erschweren.

Ich glaube aber, dass man bis zu 5 *m* Höhendifferenz recht gut wird gehen können, wenn nur Vorsorge getroffen wird, dass Luftblasen keine Störung in der Druckübertragung hervorbringen können.

Man wird also die Zuleitungsröhre nicht zu eng nehmen dürfen und dafür zu sorgen haben, dass in den Rohrtheilen unter dem Druckmesser die Wassersäule durch Luftblasen nicht getrennt werde.

Am besten wird es sein, die Leitung so anzuordnen, dass sie nur aus vertikalen und horizontalen Stücken besteht. In den letzteren sind Luftblasen ohne Wirkung auf die Druckübertragung. In den vertikalen Rohren steigen sie leicht auf und lassen sich dann durch Luftsäcke unschädlich machen.

In dieser Skizze (Fig. 3, Tafel XV), meine Herren, habe ich Ihnen angedeutet, wie ich mir die Anlage denke und wie sie theoretisch am richtigsten anzuordnen sein wird.

Der Druckapparat *a* steht durch den Hahn *b* abschliessbar mit dem Luftsack *c* in Verbindung, der oben den Hahn *d* trägt und in welchen unten seitlich das Spülrohr *e* mit dem Hahn *f* einmündet. Dieser ganze Apparat wird sauber aus Messing zu arbeiten sein, so dass alle Rohransätze verlöthet werden können. Nur der obere Theil von *c* und der Hahn *d* werden aus Glas herzustellen sein, um sehen zu können, ob sich Luft auscheidet. Alle diese Anordnungen werden der Ausführung keine Schwierigkeiten bieten und auch nicht theuer werden.

An *c* wird die Bleirohrleitung *g* nach dem Fluss gelöthet. Ist es nicht möglich, mit einer vertikalen und einer horizontalen Leitung auszukommen, so wird bei jedem weiteren Vertikalrohr am oberen Knie ein Luftsack (wie *h*) anzubringen sein. Die Einmündung in den Fluss ist bei *i* angedeutet, hier wird die speziellere Konstruktion nach den Verhältnissen durch einen Wasserbautechniker anzuordnen sein.

Jedoch wird den theoretischen Anforderungen nur bei grösserer Höhe von *a* über *i* zu entsprechen sein, bei geringer wird es genügen, das Rohr *g* schräg nach dem Fluss zu führen. Die Erfahrung wird dann zeigen, ob die Beobachtung von Vorsichtsmaassregeln gegen Luftausscheidung im Rohr überhaupt nöthig ist. Um solche eventuell wegzubringen und etwaigen sonstigen Verstopfungen der Rohr-

leitung vorzubeugen, dazu soll das Spülrohr *e* dienen, dessen Trichter möglichst hoch anzuordnen ist. Man schliesst *b*, füllt *e* mit Wasser und lässt nach Oeffnen von *f* eine möglichst grosse Menge Wasser ablaufen, wodurch man eine Reinigung von *g* erzielen wird, jedenfalls aber aus der Geschwindigkeit, mit der das Wasser durchströmt, erkennen kann, ob die Leitung in Ordnung ist. Das Ingangsetzen des Apparates geschieht mit Hilfe einer einfachen Luftpumpe, die bei *d* angesetzt wird und das Wasser in die Höhe saugt. Das angesaugte Flusswasser kann man nachher durch ausgekochtes Wasser vom Spülrohr aus verdrängen, wodurch die Luftausscheidung fast vollständig wird vermieden werden können.

Nach allen den Erfahrungen, die man mit Druckmessern, Wasserleitungen u. s. w. gemacht hat, glaube ich die Behauptung aufstellen zu können, dass die hier vorgeschlagene Einrichtung funktionieren muss. Sie hat vor den Schwimmerpegeln den Vortheil, dass die eigentlichen Pegelapparate vor der direkten Berührung der feuchten Luft geschützt werden können und dass sie auch bei Eisbildung zu gebrauchen sind.

Auf jeden Fall wird der Wunsch berechtigt sein, dass ein Versuch mit diesem System gemacht werde.

Sollte es sich dabei herausstellen, dass die Dosenfedermanometer auf die Dauer sich nicht halten, so wird man immer noch zu den zwar wesentlich theuren Waagemanometern übergehen können, die dann entschieden dem Zahn der Zeit Stand halten werden.

Ich will Ihnen, meine Herren, zum Schluss die Einrichtung eines solchen skizziren.

Ein Modell, das zwar nicht zur Registrirung direkt verwendbar ist, aber dazu dienen soll, das Prinzip zu demonstrieren und studiren, sehen Sie vor sich.

Es wurde nach meinen Angaben von R. Fuess gebaut und sollte 1882 in der Berliner Gewerbeausstellung meine Ideen zur Darstellung bringen. Leider lieferte Herr Fuess die Apparate so spät, dass ich keine Zeit hatte, die Vorstudien zu machen und deshalb auf die Ausstellung verzichtete. Seit dieser Zeit haben diese Apparate im Kasten gelegen, heut führe ich den einen dieser Apparate zum ersten Male in der Öffentlichkeit vor.

Sie sehen, meine Herren, dass eine Glasglocke an dem einen Hebelarm des Waagebalkens angreift und durch das Gewicht am anderen Hebelarm im Gleichgewicht gehalten wird (Skizze 4, Taf. XV). Die Glocke taucht in Quecksilber. Durch eine von unten hinauftragende Röhre ist sie in Verbindung mit einem Wassergefäss gebracht und das Wasser füllt den Raum in der Glocke über dem Quecksilber aus.

Wird die Höhe des Spiegels im Wassergefäss geändert, so tritt eine Aenderung des Druckes an der Berührungsfläche zwischen Wasser und Quecksilber in der Glocke ein. Steigt der Spiegel des Wassers, so wird hierdurch Quecksilber aus der Glocke getrieben und diese wird leichter. Die Zunahme des Wasserdruckes wird also ein Ansteigen der Röhre bewirken, welches durch Aenderung des auf der Waage befindlichen Gewichts ausgeglichen werden kann. Somit lässt sich die Aenderung in der Höhe des Wasserspiegels durch Wägung ermitteln.

Bei dem vorliegenden Instrumente bedingt jeder Millimeter Zunahme des Wasserdruckes eine Gewichtsverminderung von 1,4 gr. Das macht also für 1 m Wasserstand die immerhin respektable Gewichtsänderung von 1,4 kg.

Es mag dahingestellt bleiben, ob und wie der Apparat, — ausser zur Demonstration des Prinzipes — eine Verwendung in dieser Form wird finden können.

Soll er zur Registrirung Anwendung finden, so wird man nur nöthig haben, das Hebelsystem so anzuordnen, dass nach einer gegebenen Bewegung des Rohres die Summe der statischen Momente wieder Null wird. Das lässt sich also durch Winkelhebel erreichen. Besser wird es aber sein, wenn man das Rohr einfach an einer Rolle anhängt und das Gegengewicht in Quecksilber taucht. Sinkt dann das Rohr, so hebt sich das Gegengewicht und wird dabei schwerer, während es bei der entgegengesetzten Bewegung durch Vermehrung des Auftriebes leichter wird.

Die beistehende Skizze, Fig. 5, Tafel XV, zeigt, wie ein solcher Apparat eingerichtet werden kann und wie man bei starken Bewegungen des Schreibstiftes dessen Geradföhrung erreichen könnte.

Würde man den Apparat etwa 5 m über den tiefsten Wasserstand stellen und ihn vor Hochwasser genügend schützen können, so ist es gar nicht schwierig, bei einer 10 und mehr Meter übersteigenden Differenz der absoluten Extreme in den Wasserständen eine Registrirung zu erzielen, die bis zu $\frac{1}{10}$ der natürlichen Grösse der Wasserschwankung wird genommen werden können.

Dabei will ich ausdrücklich hervorheben, dass es durchaus möglich sein wird, den Druckmesser beliebig weit, jedenfalls einige Hunderte von Metern entfernt vom Fluss aufzustellen.

Ueber die neueren Fortschritte in der Herstellung von Gläsern zu wissenschaftlichen Zwecken.

Antrittsvorlesung von Privatdozent Dr. F. Foerster,

gehalten

in der Aula der K. S. Technischen Hochschule zu Dresden am 24. April 1895.

Diejenigen neueren Theile der chemischen Industrie, welche ihren Ursprung in den Forschungslaboratorien genommen haben, bleiben naturgemäss in stetem und regstem Verkehr mit der Wissenschaft. Ohne Unterlass fördert und verjüngt diese die Technik, welche sich ihr anvertraut, während sie ihrerseits von dieser die werthvollsten Anregungen beständig empfängt. Welche Erfolge ein solches Zusammenarbeiten gewährleistet, das zeigt ja am besten unsere deutsche Theerfarbenindustrie, und die lebhafte Unterstützung, welche der jüngste Zweig der chemischen Grosstechnik, die Elektrochemie, zur Zeit in den wissenschaftlichen Laboratorien sucht und findet, beweist, dass das Beispiel der Farbenindustrie zur Nacheiferung geeignet erschienen ist.

Aber auch von den älteren Theilen der chemischen Industrie entbehrt heute keiner mehr der engen Fühlung mit der Wissenschaft, für viele derselben sind ja besondere Laboratorien ins Leben gerufen worden, welche sich die wissenschaftliche Bearbeitung der auf den Einzelgebieten der Technik auftretenden Fragen erfolgreich angelegen sein lassen.

Wenn im Folgenden versucht werden soll, die Fortschritte kurz zu kennzeichnen, die in den letzten andert-halb Jahrzehnten in der Herstellung von Gläsern zu wissenschaftlichen Zwecken gemacht worden sind, so ist dies Beispiel in hohem Maasse geeignet, zu zeigen, was durch das gerade auf diesem Gebiete durch die Natur der Sache besonders gebotene Incinandergreifen von Theorie und Praxis erreicht werden kann, und welche Förderung selbst eine Industrie, welche wie die Glastechnik auf jahrhundertelanger Erfahrung aufgebaut ist, noch erfahren kann, wenn sie die alten ausgetretenen Bahnen verlässt und, systematisch forschend, an der Hand der Experimentirkunst neue Wege zu beschreiten unternimmt.

In dieser Weise hat sich zumal der Fortschritt in der Herstellung optischer Gläser vollzogen. In seinem Bericht über die optischen Hülfsmittel der Mikroskopie auf der Ausstellung wissenschaftlicher Apparate zu London vom Jahre 1876 sprach Professor Abbe aus Jena es aus, dass die Herstellung der Mikroskopobjektive noch mancherlei Mängel

aufweise, dass man aber in der Hebung derselben an einer Grenze angelangt sei, welche nicht eher überschritten werden könne, als bis die Glastechnik dem Verfertiger der Mikroskope neue Gläser mit neuen optischen Eigenschaften liefern würde. Zwar gelang es längst, durch passende Vereinigung von Kron- und Flintgläsern den grössten Theil der chromatischen Abweichungen an den Linsenbildern zu beseitigen; es blieben jedoch noch immer geringe Reste farbiger Ränder übrig, das sogenannte sekundäre Spektrum, weil bei den bisher bekannten Glasarten die Dispersion in den einzelnen Abschnitten des Spektrums nicht proportional verlief: der blaue Theil des von Kronglas gelieferten Spektrums erschien im Verhältniss zum rothen erheblich kürzer als es bei Flintglas der Fall war. Andererseits besaßen die bisherigen Gläser stets ein um so grösseres Farbenzerstreuungsvermögen, je grösser ihr Brechungs-exponent war, während es für die farbenreine Beseitigung gewisser durch die sphärische Aberration hervorgerufener Mängel erwünscht war, über optische Gläser in möglichst mannigfacher Abstufung des Brechungs- und Dispersions-vermögens zu verfügen.

Diese Anregungen Abbe's veranlassten Dr. Schott in Witten i. W. im Jahre 1881, die gestellten Aufgaben in der Weise in Angriff zu nehmen, dass er untersuchte, in wie weit es möglich sei, durch Einführung neuer saurer und basischer Oxyde an Stelle der wenigen von Alters her als Glasbildner allein gebrauchten Oxyde, Kali, Natron, Kalk, Bleioxyd und Kieselsäure, in die Glasflüsse, diesen mannigfachere und vortheilhaftere Eigenschaften zu ertheilen. Schon die ersten in ganz kleinem Maasse ausgeführten Versuchsschmelzen und die an den dabei erhaltenen Gläsern von Abbe vorgenommenen Messungen ergaben, dass der eingeschlagene Weg wohl geeignet sei, zum Ziele zu führen. Daher übersiedelte Schott im Jahre 1882 nach Jena, um hier in Anlehnung an die unter Abbe's Leitung stehenden für die Herstellung optischer Instrumente rühmlichst bekannten Zeiss'schen Werke seine Versuche in etwas grösserem Maassstabe planmässig fortzusetzen.

Es zeigte sich, dass unter den für die Herstellung von Gläsern herangezogenen 33 Oxyden nur wenige ge-

eignet waren, das Breitenverhältniss der einzelnen Farben in den erzeugten Spektren in erwünschter Weise zu beeinflussen. Da ist vor Allem die Borsäure zu nennen, welche auf eine Verminderung der Breite des blauen Theiles des Spektrums hinwirkt, während Fluor und die Alkalien das entgegengesetzte Streben zeigen. Würde man also in die Flintgläser reichliche Mengen Borsäure, in die Krongläser in entsprechendem Maasse Fluor oder die Alkalien einführen, und solche Gläser zu Linsensystemen passend vereinigen, so wäre dies ein Weg, um das sekundäre Spektrum ganz oder fast ganz zu beseitigen.

Während die Herstellung borsäurereicher Flintgläser keine erheblichen Schwierigkeiten bietet, ist die Einführung grösserer Alkalimengen in Gläser aus mehrfachen Gründen nicht rathsam, und die Darstellung fluorreicherer Gläser hat in Folge der entgegenstehenden technischen Schwierigkeiten bisher in etwas grösserem Maassstabe noch nicht gelingen wollen. Es sind daher die wasserhellen Flussspathkrystalle, welche bei starker Dehnung des blauen Spektraltheils ein verhältnissmässig geringes Farbenzerstreuungsvermögen besitzen, zur Zeit für die praktische Optik noch unersetzbar. Freilich lassen sich aus ihnen im Allgemeinen nur kleine Linsen schleifen, so dass sie für die Herstellung von Fernrohr-Objektiven oder photographischen Objektiven weniger in Betracht kommen.

Die zweite der oben genannten Aufgaben, Gläser von möglichst wechselndem Verhältniss zwischen Brechungs- und Zerstreuungsvermögen herzustellen, fand ihre praktische Lösung in der Einführung der Phosphorsäure in optische Gläser, welche dadurch die Eigenschaft erhielten, bei hohem Brechungsvermögen eine verhältnissmässig geringe Dispersion zu besitzen.

Mit Hülfe dieser Gläser gelang es nun auch, freilich erst nach Ueberwindung mancher zumal auf optischem Gebiete liegender Schwierigkeiten, die erste Aufgabe, die Beseitigung des sekundären Spektrums der Linsensysteme, nahezu vollkommen zu lösen: Die aus Phosphatkron- und Boratflintglas zusammengesetzten Zeiss'schen apochromatischen Objektive geben äusserst scharfe, ganz farbenreine Bilder.

Es sind nun aber bei der Herstellung neuer optischer Gläser nicht nur ihre optischen Eigenschaften zu berücksichtigen, sondern es ist auch darauf zu sehen, dass sie die zu vollkommenster Formgebung nöthige Härte, sowie vollständige Farblosigkeit und Klarheit besitzen, und dass sie nicht etwa hygroskopisch sind. Diese Gesichtspunkte machen es nöthig, in den Phosphat- und Boratgläsern die Alkalien ganz oder doch zum allergrössten Theil durch andere Basen zu ersetzen. Als solche erwiesen sich Thonerde, Zinkoxyd und Baryt als sehr geeignet, von denen zumal der letztere den Gläsern bei grosser Härte die vollkommenste Farblosigkeit zu geben und daher als theilweiser Ersatz des Bleioxyds in den Flintgläsern für die Herstellung höchst lichtdurchlässiger Objektive sehr wichtige Dienste zu leisten vermag. Die Einführung der genannten Basen zugleich mit Phosphorsäure oder Borsäure in Glasflüsse wäre vor Bekanntwerden der Schott'schen Versuche Manchem als eine Unmöglichkeit erschienen, und sie bietet freilich auch insofern nicht unerhebliche Schwierigkeiten, als die

Mischungsverhältnisse solcher Glassätze oft nur innerhalb ganz bestimmter, sehr enger Grenzen sich bewegen dürfen, damit die Schmelzen amorph und ohne krystalline Ausscheidungen erstarren.

Aus diesen Gründen ist die Zahl derjenigen Gläser, welche sich bei den Schott'schen Versuchen schliesslich als praktisch brauchbar erwiesen, eine verhältnissmässig sehr geringe geblieben im Vergleich zu der grossen Zahl von Versuchsschmelzen, aus denen sie ausgewählt wurden. War doch auch einer der wichtigsten Gesichtspunkte hierbei der, dass sich bei Uebertragung der an Versuchen in kleinerem Maassstabe gewonnenen Erfahrungen auf etwas grössere Verhältnisse bei der Herstellung von diesem oder jenem der neuen Gläser keine allzu grossen technischen Schwierigkeiten herausstellten.

Schott zögerte nicht, die Gewinnung optischer Gläser in regelrechtem Hüttenbetriebe selbst in die Hand zu nehmen. Freilich waren hierbei dadurch ganz besondere Schwierigkeiten zu überwinden, dass alle der neuen Fabrikation zu Grunde zu legenden Erfahrungen erst durchaus neu gesammelt werden mussten, mangels geeigneter und zugänglicher Vorbilder. Es war daher eine sehr wesentliche Förderung des jungen Unternehmens, als das Königlich-Preussische Unterrichtsministerium die kostspieligen Versuche, welche zur erfolgreichen Weiterführung des Betriebes nothwendig waren, durch Gewährung einer sehr namhaften Geldsumme unterstützte.

Galt es doch nicht allein der Herstellung neuer, besonders feiner optischer Gläser, sondern handelte es sich doch überhaupt um die vom nationalen Standpunkte hochwichtige Aufgabe, die seit Fraunhofer's Tode in Deutschland ganz vernachlässigte Herstellung optischer Gläser neu zu beleben und so die grossen und namhaften deutschen Werkstätten optischer Instrumente in Bezug auf die Beschaffung ihres wichtigsten Rohmaterials von einigen englischen und französischen Firmen unabhängig zu machen.

Selten wohl ist ein Unternehmen trotz der grössten sich ihm bietenden Schwierigkeiten so schnell so erfolgreich gewesen wie das Glastechnische Laboratorium von Schott und Genossen in Jena, welches sich heute eines Weltrufes erfreut. Schon 4 Jahre nach seiner Gründung konnte es den gesammten deutschen Bedarf decken, und zur Zeit beziffert sich der Werth des jährlich erzeugten optischen Glases auf 150,000 *M.*, wovon etwa für die Hälfte in alle Kulturländer exportirt wird.

Der Betrieb der Hütte geschieht durch eine von Fr. Siemens nach dem Regenerativsystem angelegte Gasfeuerung. Es sind vorhanden ausser dem Thonbrennofen, dem Temperofen und den Erweichöfen vor Allem ein grosser Regenerativschmelzofen mit freier Flammenentfaltung zur Aufnahme nur eines einzigen Hafens und ein kleinerer Ofen derselben Art, in welchem besondere Gläser, z. B. die Borat- und Phosphatgläser, geschmolzen werden. Der zu benutzende Glashafen wird auf Rothgluth langsam vorgewärmt, und so in den Schmelzofen gebracht, in welchem er innerhalb 5—6 Stunden auf die für den einzuschmelzenden Glassatz nöthige Temperatur erhitzt wird. Der letztere, welcher natürlich aus sorgfältig gereinigten Rohmaterialien gemischt ist, wird nunmehr eingeschmolzen und alsdann

unter Steigerung der Hitze geläutert. Die Innehaltung der richtigen, für die Gläser je nach ihrer Natur wechselnden Temperatur ist hierbei von hoher Bedeutung, ein Zuviel an Hitze führt Thonerde aus der Hafenwand in das Glas über, ein Zuwenig lässt die im Glase vorhandenen Bläschen unvollkommen entweichen. Ist diese Läuterung erreicht, so beginnt bei verminderter Ofenhitze das Durchrühren der Masse, eine für die Erlangung schlierenfreien Glases unerlässliche Operation, zu deren Ausführung ein besonderes, sehr wirksames Rührwerk zur Anwendung kommt. In dem Maasse als bei weiterer Abkühlung die Masse zähflüssiger wird, verlangsamt man den Gang des Rührers, um ihn schliesslich aus der erstarrenden Schmelze zu entfernen und den Hafen aus dem Schmelzofen in den Temperofen zu befördern, in welchem er innerhalb einiger Tage erkaltet.

Hierbei zerspringt sein Inhalt in eine Anzahl grösserer oder kleinerer Stücke. Unter diesen sucht man nunmehr die schlierenfreien Antheile heraus und bringt diese in flachen, viereckigen Chamottetohlformen in den kanalartig gestalteten Erweichofen, in welchem sie allmählich auf dunkle Rothglut und zu beginnendem Schmelzen erhitzt werden. Die so erhaltenen dicken, vierseitigen Glasplatten haben eine raue Aussenseite; sie werden an zwei gegenüberliegenden Seiten anpolirt und nunmehr genau auf Gleichmässigkeit untersucht. Man ist froh, wenn der hierbei als brauchbare Handelswaare übrigbleibende Theil des Glases ein Fünftel des ursprünglich eingeschmolzenen Glasesatzes beträgt.

Die gewöhnliche Ofenkühlung hat nun aber selbst bei sorgfältigster Ausführung nicht mehr ausgereicht, um den gesteigerten Ansprüchen an die verbesserten Gläser zu genügen; sie vermag keine ganz spannungsfreien Gläser zu liefern, und jede grössere durch Spannung in Linsen hervorgerufene Ungleichmässigkeit beeinträchtigt die Schärfe der von ihnen erzeugten Bilder.

Man hat daher in Jena ein Verfahren der Feinkühlung durchgebildet, bei welchem man es in der Hand hat, bestimmte Temperaturen beliebig lange andauern und gewünschte Temperaturgefälle je nach Bedürfniss während längerer oder kürzerer Zeit eintreten zu lassen. Man weiss einerseits, dass bei 465° jede Spannung in Gläsern aufgelöst ist, und andererseits, dass bei 370° alle bekannten Gläser in ihrem Erstarrungsprozess völlig zur Ruhe gelangt sind; das Temperaturgefälle von $465-370^{\circ}$ ist also dasjenige, innerhalb dessen Spannungen zu Stande kommen können bzw. vermieden werden müssen. Während es bei dem bisherigen Kühlverfahren innerhalb von 3—4 Tagen eintrat, ist man bei der jetzigen Feinkühlung im Stande, die Abkühlung der Gläser von 465° auf 370° auf den Zeitraum von 4 Wochen zu verzögern. Dadurch hat man es erreicht, Glasstücke bis zu 15 cm im Geviert vollkommen spannungsfrei zu erhalten, und Glasscheiben bis zu einem Durchmesser von 112 cm herzustellen, in denen der noch verbleibende Rest von Spannung so gering ist, dass er für den Optiker unschädlich ist. Hierdurch ist Alles, was bisher im Auslande in der Erzeugung von Gläsern für Kolossalinsen erreicht war, weit übertroffen worden.

Das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein von Span-

nungszuständen macht sich aufs Deutlichste bei Untersuchung der Gläser im polarisirten Lichte bemerkbar durch das Auftreten bzw. Ausbleiben der durch die Doppelbrechung gespannten Glases erzeugten schwarzen Kreuze.

In einem mit den soeben beschriebenen Mitteln ausgestatteten Betriebe durfte man auch hoffen, eine seiner ursprünglichen Bedeutung freilich etwas ferner liegende Aufgabe zu lösen, nämlich die Beseitigung der seit längerer Zeit immer dringlicher gewordenen Klagen über die mangelhafte Beschaffenheit der Thermometergläser. Während in den ersten Jahrzehnten dieses Jahrhunderts die Physiker und Chemiker sich ihre Thermometer selbst herstellen mussten, unternahmen später einige der bedeutenderen Hohlglasfabriken auch die Verfertigung von Thermometern. Es waren vielfach gute Kaligläser, welche zunächst hierzu verwandt wurden und auch den an sie gestellten Forderungen genügten. Bald aber wurde das Thermometer ein immer weniger entbehrliches Instrument im Gebrauche des täglichen Lebens, und da man hier keine allzu grossen Anforderungen an die Genauigkeit und Sicherheit der Thermometerangaben stellte, so wurde die Sorgfalt, welche bisher zumeist bei der Herstellung wissenschaftlicher Thermometer beobachtet war, auch auf diesem Gebiete allmählich immer mehr ausser Acht gelassen. Auch zu ihrer Verfertigung benutzte man immer alkalreichere Gläser, welche ihrer leichten Schmelzbarkeit wegen eine erhebliche Ersparniss an theurem Brennmateriale gestatteten und darum in immer weiterem Umfange bei dem Herabgehen der Preise der kohlen-sauren Alkalien von den Glashütten erschmolzen wurden.

Derartige Gläser aber besitzen sehr starke, elastische Nachwirkungen, und dies führt bei den aus ihnen erhaltenen Thermometern zu oft sehr erheblichen, zeitweiligen oder dauernden Aenderungen des Eispunktes.

Die dadurch verursachten Fehler machten sich bald um so störender bemerkbar, als sie zu einer Zeit hervortraten, in der die lebhaft fortschreitende Wissenschaft und Technik gerade immer dringender Thermometer von hoher Zuverlässigkeit und Beständigkeit in ihren Angaben verlangte. Es war Rudolf Weber, welcher sich zuerst der vielen in dieser Beziehung geführten Klagen annahm; im Jahre 1883 wies er nach, dass Thermometer aus reinem Kaliglas gegenüber denjenigen, welche — wie es der besonderen Leichtschmelzbarkeit solcher Gläser wegen sehr oft geschieht — mit beiden Alkalien gleichzeitig versetzt waren, die genannten Fehler in sehr viel geringerem Maasse aufwiesen. Um die gleiche Zeit etwa machte sich auch Schott, einer Anregung der kaiserlichen Normalaichungskommission entsprechend, an die Herstellung eines guten Thermometerglases, und an den von ihm gefertigten Thermometerrohren konnte H. F. Wiebe den genannten Weber'schen Befund dahin erweitern, dass ganz allgemein nur solche Gläser sich thermisch günstig verhalten, in welchen nur ein einziges Alkali, Natron oder Kali, vorhanden ist.

Da aber für die Herstellung derselben eine kalifreie Soda weit leichter zu beschaffen ist, als eine natronfreie Pottasche, so bestand die weitere Aufgabe nun nicht sowohl darin, gute Kaligläser zu Thermometern zu verarbeiten, als vielmehr darin, ein seinen sonstigen Eigenschaften nach als

Thermometerglas brauchbares Natronglas ausfindig zu machen. Nach mancherlei Versuchen fand Schott ein in 100 Theilen 7,0 Kalk, 7,0 Zinkoxyd, 14,0 Natron, 2,5 Thonerde, 2,0 Borsäure und 67,5 Kieselsäure enthaltendes Glas in der genannten Richtung durchaus geeignet. Dieses Jenaer Normalthermometerglas 16^{III} wird seit dem Jahre 1886 in regelmässigem Hüttenbetriebe dargestellt, und hierbei wird mit grösster Sorgfalt und Strenge darauf geachtet, dass eine neue Schmelze stets genau die gleiche chemische Zusammensetzung besitzt wie jede vorhergehende. Das fertig geschmolzene Glas wird alsbald zu Röhren gezogen, welche ohne weitere Behandlung in den Handel übergehen.

Durch die Art seiner Herstellung ist die Konstanz der physikalischen Eigenschaften des Glases 16^{III} in hohem Maasse gesichert. Sie hat sich auch bei den wiederholten Versuchsreihen durchaus bewährt, welche von Wiebe sowie von Wiebe und Böttcher an der diesem Gegenstande grosse Aufmerksamkeit zuwendenden Physikalisch-Technischen Reichsanstalt vorgenommen wurden. Auf Grund dieser Arbeiten ist man z. B. in der Lage, die Angabe irgend eines Thermometers aus Jenaer Normalglas ohne Weiteres auf diejenige des Gasthermometers zu beziehen.

Man darf nun freilich nicht glauben, dass dem Glase 16^{III} überhaupt keine thermischen Fehler mehr anhaften; ihre Grösse ist nur verhältnissmässig gering. Nach vorausgegangener Erhitzung auf 100° erniedrigt sich der Eispunkt um 0,05°, während Thermometer aus den gewöhnlichen Thüringer Gläsern dabei Depressionen von 0,2° bis 0,4°, also von dem vier- bis achtfachen Betrage, aufweisen.

Weiterhin ergaben die Arbeiten von Wiebe, dass das bei neuen Thermometern stets in Folge ihres Gebrauchs bei hohen Temperaturen eintretende, bedeutende Ansteigen des Eispunktes dadurch nahezu vermieden werden kann, dass man die Thermometergläser andauernd einer höheren Temperatur unterwirft als diejenige ist, bei welcher sie in der Regel gebraucht werden sollen, und sie dann langsam abkühlt. Diese Art der Feinkühlung bewirkt in ähnlicher Weise wie längerer Gebrauch der ungekühlten Thermometer ein Konstantwerden des Eispunktes, sie bedeutet also eine künstliche Alterung derselben. Sie kann nur an fertigen, schon mit Kugel versehenen Thermometer- röhren bezw. ganz fertig gestellten Thermometern vorgenommen werden und wird von den Verfertigern dieser Instrumente auch in der That zumal da angewandt, wo diese zur Messung höherer Temperaturen dienen sollen. Dadurch sind viele Klagen verstummt, welche früher besonders in der chemischen Industrie über die sehr grosse Unsicherheit der Angaben vieler Thermometer erhoben wurden.

Die thermometrischen Arbeiten des glastechnischen Laboratoriums haben somit zusammen mit denen der Reichsanstalt dahin geführt, dass die Sicherheit der Angaben der aus geeigneten Gläsern und mit genügender Sorgfalt hergestellten Thermometer heute in sehr hohem Maasse verbürgt werden kann, so dass diese wichtigen Instrumente nunmehr behördlich nicht nur geprüft, sondern auch beglaubigt werden können. Diese Aufgabe fiel der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt zu, doch wuchs der Umfang dieser Thätigkeit sehr schnell so stark an, dass sich die

Nothwendigkeit der Gründung einer besonderen Prüfungsstelle für Thermometer ergab. Eine solche wurde 1889 errichtet und zwar in Ilmenau, da Thüringen der Hauptplatz der deutschen Thermometerindustrie ist. Die Zahl der seit November 1887 bis zum Frühjahr 1895 an der Reichsanstalt beglaubigten Thermometer beträgt rund 68000, wovon 61600 ärztliche Thermometer waren, während die übrigen den verschiedensten anderen wissenschaftlichen und technischen Zwecken dienen sollten; an der Grossherzoglich Sächsischen Prüfungsanstalt für Thermometer wurden bisher 147 300 Thermometer geprüft.

Der weitaus grösste Theil dieser Instrumente bestand aus Jenaer Normalglas, dessen hohe Bedeutung aus diesem Umstande klar hervorgeht. Es soll aber nicht unerwähnt bleiben, dass gelegentlich auch dort, wo die Herstellung wissenschaftlicher Thermometer seit lange betrieben war, man sich die oben erwähnten zur Verbesserung der Thermometergläser führenden Erfahrungen zu Nutze gemacht hat. Dies gilt von der Firma Greiner & Friedrichs in Stützerbach in Thüringen; sie verarbeitet ein von ihr als Resistenzglas bezeichnetes, nach Art der besseren Fenstergläser zusammengesetztes reines Natronglas zu Thermometern, welche ähnlich geringe thermische Fehler aufweisen, wie diejenigen aus Glas 16^{III}. Letzteres steht freilich, was die Konstanz seiner physikalischen Eigenschaften anbetrifft, unerreicht da.

Für die feinsten wissenschaftlichen Thermometer verwendet man seit Kurzem ein neues, ebenfalls aus dem Jenaer Glastechnischen Laboratorium hervorgegangenes Glas. Offenbar wird ein solches sich thermisch um so günstiger verhalten, je geringer sein Ausdehnungskoeffizient ist. Dieser Ueberlegung entsprechend stellte Schott eine Anzahl der verschiedensten Gläser her und liess deren Ausdehnungskoeffizienten bestimmen. Diese Messungen bestätigten eingehend eine dem Keramiker im Allgemeinen nicht unbekannte Thatsache, dass nämlich ein Borsäuregehalt der Gläser ihren Ausdehnungskoeffizienten sehr erheblich, unter Umständen auf $\frac{1}{3}$ der gewöhnlich beobachteten Grösse, herabzumindern vermag. Ein Glas, welches aus nichts weiter als aus 59 v. H. Zinkoxyd und 41 v. H. Borsäureanhydrid erschmolzen war, besass den geringsten Ausdehnungskoeffizienten, liess sich aber nicht verarbeiten. Ihm steht aber im Hinblick auf sein Ausdehnungsvermögen ein Glas ziemlich nahe, welches die Bezeichnung 59^{III} bekam und in 100 Theilen 11,0 Natron, 5,0 Thonerde, 12,0 Borsäure, 0,05 Manganoxyd und 71,95 Kieselsäure enthält. Aus diesem Glase lassen sich ohne Schwierigkeiten Röhren ziehen; Thermometer aus ihm zeigen nur noch etwa die Hälfte der thermischen Nachwirkungen derjenigen aus Glas 16^{III} und stimmen in ihrem Gange bis zu 100° sehr genau mit dem Gasthermometer überein. Fragt man nun, ob dieses neue Glas das Glas 16^{III} wieder verdrängen und alle auf Erforschung von dessen physikalischen Eigenschaften aufgewandte Mühe vergeblich machen könnte, so ist darauf zu antworten, dass es allerdings zu feineren wissenschaftlichen Thermometern, bei denen der Preis nicht in erster Linie mit in Betracht kommt, vor jenem den Vorzug verdient, dass das Glas 16^{III} aber in vielen anderen Fällen, in denen es sich nicht um die allerhöchste Genauigkeit handelt, z. B. für die Herstellung ärztlicher Thermometer, wegen

seines niederen Preises immer noch uneingeschränkt seine grosse Bedeutung beibehalten wird.

Das Glas 59^{III} besitzt nun für die Verfertigung von Thermometern einen weiteren, sehr beachtenswerthen Vorzug durch seine grosse Schwerschmelzbarkeit: man kann es bis über 500° erhitzen, ohne ein Erweichen befürchten zu müssen. Füllt man nun, was unschwer gelingt, in mit Quecksilber beschickten Thermometern aus diesem Glase den in der Kapillare über dem Quecksilber befindlichen Raum mit verdichteter Kohlensäure und erhöht so den Siedepunkt des Quecksilbers sehr beträchtlich, so kann man, wie besonders die von Mahlke an der Reichsanstalt ausgeführten Arbeiten gezeigt haben, mit so hergerichteten Thermometern Temperaturen bis etwa 520° mit voller Schärfe und Sicherheit messen.

Aehnliche Verhältnisse wie die oben dargelegten, welche zur Verschlechterung der Thermometergläser führten, wirkten zusammen, um im Laufe der 60er und 70er Jahre die chemische Widerstandsfähigkeit der von den Hohlglashütten dem Chemiker gelieferten Gläser immer mehr herabzumindern. Auch hier war es in erster Linie Rudolf Weber, welcher dem auf diesem Gebiete in weitem Umfange empfundenen Uebel entgegentrat, indem er auf Grund eingehender Versuchsreihen darauf hinwies, dass Gläser umsomehr an ihrer Widerstandsfähigkeit gegen die Angriffe chemischer Agentien einbüßen, je mehr sie in ihrer Zusammensetzung von der zuerst von Benrath aufgestellten „Normalformel“ $6SiO_2, CaO, R_2O$ (wo R ein Atom Kalium oder Natrium bedeutet) abwichen.

In Beziehung zu der Frage nach der chemischen Beständigkeit der Gläser stand eine Aufgabe, welche im chemischen Laboratorium der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt unmittelbar nach deren Gründung von Mylius in Angriff genommen wurde. Es handelte sich darum, dass an den Wandungen der feinsten, mit Aether gefüllten Libellen der astronomischen und geodätischen Instrumente häufig nach kurzem Gebrauche feste Ausscheidungen auftraten, welche den Gang der Luftblase in den Libellen hemmten und diese kostbaren Instrumente dadurch schnell unbrauchbar, zum Mindesten aber unzuverlässig machten.

Als Grund dieser Erscheinung wurde bald die Einwirkung des im Aether niemals fehlenden Wassergehaltes auf die in vielen weichen, zu Libellen verarbeiteten Gläsern in überreichlicher Menge vorkommenden Alkalien erkannt. War somit auch schnell der Weg gefunden, auf welchem die Ausscheidungen in den Libellen vermieden werden konnten, so war bei dieser Gelegenheit doch die Frage nach der Wirkungsweise des Wassers auf die Gläser aufgeworfen, und die nähere hierauf gerichtete Untersuchung, an welcher theilzunehmen mir vergönnt war, führte zu einer eingehenden Erkenntniss des ganzen chemischen Verhaltens des Glases, des wichtigsten Materials für die vom Chemiker im Laboratorium benutzten Gefässe.

Die kurze, mir zu Gebote stehende Spanne Zeit verbietet es mir, auf die Einzelheiten dieser Arbeiten einzugehen, was um so verlockender wäre, als die oft nicht geringe Mühe, welche sie beanspruchten, reichlich durch die Erkenntniss mancher neuen, zum Theil ganz unerwarteten Thatsache gelohnt wurde. Nur so viel möchte ich anführen,

dass die nach mehreren Verfahren ziemlich leicht und mit grosser Genauigkeit ausführbare Bestimmung der Angreifbarkeit verschiedener Gläser durch Wasser ein Maass giebt, um im Allgemeinen ihr ganzes übriges chemisches Verhalten, zumal dasjenige gegen saure Lösungen, zu beurtheilen; dass ferner die relative Angreifbarkeit der Gläser durch den Wasserdampf der Luft dieselbe ist, wie die durch das flüssige Wasser, dass daher mit dieser auch die Verwitterbarkeit oder, was dasselbe ist, die Hygroskopizität der Gläser parallel läuft, und die Erkenntniss dieses Verhaltens giebt wieder beachtenswerthe Fingerzeige in Hinsicht auf die elektrische Isolationsfähigkeit der Gläser.

Die Vergleichung einer grösseren Anzahl von Gläsern zu chemischen Geräthen, welche der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt sämmtlich von Fabrikanten oder Händlern als „gute Gläser“ geliefert waren, ergab ausserordentlich grosse Unterschiede in der Angreifbarkeit derselben durch Wasser: während die besten von ihnen auf 100 qcm Oberfläche an Wasser von 20° in 3 Tagen nur etwa 0,001 mg Alkali abgaben, liessen die schlechtesten unter den gleichen Bedingungen die hundertfache Menge Alkali in Lösung gehen. Diese Untersuchungen haben gleich denen Weber's, welche von diesem zuletzt in Gemeinschaft mit E. Sauer ausgeführt wurden, mehrfach die Anregung zur Verbesserung der bisher bei der Verfertigung chemischer Geräthe angewandten Glassätze gegeben, und zwar in dem Sinne, dass der Kieselsäure- bzw. Kalkgehalt vermehrt, die Alkalimenge aber vermindert wurde.

So wünschenswerth es ist, dass ganz leicht durch Wasser zersetzbare Gefässe aus dem Handel verschwinden, so sind doch andererseits die Anforderungen, welche die Chemiker gewöhnlich an ihre Gläser stellen, keineswegs so bedeutende, dass nur die widerstandsfähigsten und dementprechend theuren Gläser ihnen von den Hütten geboten werden sollten. Der Physiker und der Chemiker aber müssen in der Lage sein, für besonders feine Untersuchungen das geeignete Glasmaterial zu finden, welches ihnen gestattet, sich von den durch die chemische Veränderlichkeit des Glases bedingten Fehlern nach Möglichkeit unabhängig zu machen.

Die Untersuchungen der Reichsanstalt haben auch eine Anzahl der in deutschen Hütten für Geräthe zu chemischem Gebrauche verarbeiteten Gläser als recht gut und chemisch widerstandsfähig kennen gelehrt; diese werden auch, so weit die bisherigen, freilich nur wenige Jahre umfassenden Erfahrungen gezeigt haben, dauernd in gleichbleibender Beschaffenheit hergestellt. Sie werden in ihrer chemischen Widerstandsfähigkeit nur wenig durch das Glas übertroffen, welches Stas sich für die Ausführung seiner Atomgewichtsbestimmungen herstellen liess. Dieses ist vor einigen Jahren eine Zeit lang von Leybold's Nachfolger in Köln im fabrikmässigen Betriebe erschmolzen und zu Kolben, Flaschen, Bechergläsern verarbeitet worden. Damit war die Glastechnik hinsichtlich der Herstellung chemisch widerstandsfähiger Gläser an einer Grenze angelangt, die sie, wie es schien, nicht mehr würde überschreiten können.

Jedoch war es auch hier wieder Schott, welcher dadurch, dass er an Stelle der bisher gebräuchlichen Kalkalkalisilikate sehr saure Borosilikate zu chemischen Ge-

räthen verarbeitete, in dieser Hinsicht wenigstens noch einen kleinen Schritt voran that. Zu Gunsten seines Jenaer Gerätheglasses ist die Fabrikation des Stas'schen Glases wieder eingestellt worden. Jenes ist freilich gegen Alkalien empfindlicher als die gewöhnlichen Gläser, von Wasser und Säuren wird es aber noch ein gut Theil weniger angegriffen als die besten Sorten der letzteren. Besondere Vorzüge besitzt das Jenaer Apparatenglas durch die auf seinen hohen Borsäuregehalt zurückzuführende geringe Grösse seines Ausdehnungsvermögens. Dadurch ist es gegen plötzlichen Temperaturwechsel sehr widerstandsfähig, so dass man in Kolben aus Jenaer Gerätheglas Glycerin kochen und sie während dessen mit kaltem Wasser bespritzen kann, ohne ihr Zerspringen befürchten zu brauchen. Es muss jedoch erwähnt werden, dass auch unsere gebräuchlichen guten Kaligläser (z. B. diejenigen der Verbrennungsröhren) eine recht bedeutende, wenn auch nicht ganz so hohe Widerstandsfähigkeit gegen die Einflüsse plötzlichen Temperaturwechsels aufweisen.

Wenn nun die Frage aufgeworfen wird, ob man wohl durch weitere Veränderungen in den Glassätzen schliesslich zu Gläsern gelangen kann, deren chemische Angreifbarkeit so gering ist, dass sie auch durch die schärfsten uns zur Verfügung stehenden Mittel nicht mehr wahrgenommen werden kann, so ist dies nach unserer heutigen Kenntniss dieser Dinge zu verneinen. Wohl aber dürfte man zu einer sehr beträchtlichen Steigerung der Widerstandsfähigkeit der Gläser auf dem Wege gelangen, dass man auf die Oberflächen der fertigen Geräte chemische Agentien wirken lässt, welche ihnen Alkali zu entziehen vermögen. In der That liegen nach dieser Richtung hin schon manche für die Zukunft Erfolg verheissende Versuche vor.

Den grössten Anforderungen an chemische Widerstandsfähigkeit müssen die zu den Wasserstandsrohren der Dampfkessel verarbeiteten Gläser entsprechen. Gegenüber dem Angriffe des überhitzten Wasserdampfes haben sich Röhren aus dem borsäurereichen Jenaer Thermometerglase 59^{III} ganz erheblich widerstandsfähiger gezeigt, als solche aus irgend einem der gewöhnlichen Silikatgläser. Den aus diesem Glase verfertigten Wasserstandsrohren hat nun Schott auch noch in sehr sinnreicher Weise eine hohe mechanische Widerstandsfähigkeit zu verleihen gewusst. Das Glas 59^{III} besitzt ja einen verhältnissmässig geringen Ausdehnungskoeffizienten; werden nun dünne Röhren aus ihm in erhitztem Zustande aussen mit einer erheblich dickeren Schicht eines Glases von wesentlich höherer Wärmeausdehnung nach Art des Ueberfangglases überzogen, so erhält ein solches System nach dem Erkalten an seiner Aussenseite Druckspannung, an seiner Innenseite Zugspannung und erlangt dadurch einen hohen Grad von Festigkeit gegen Ritzung oder plötzlichen Temperaturwechsel. Die so hergestellten „Verbundglaswasserstandsrohren“ haben den auf sie gesetzten Erwartungen voll entsprochen, zumal da, wo sie, wie an Lokomotivkesseln, leicht plötzlichen und starken Temperaturwechseln ausgesetzt sind, haben sie sich trefflich bewährt.

Somit sehen wir, wie auf den verschiedensten Gebieten die Glastechnik in den letzten Jahrzehnten Dank ihres regen Wechselverkehrs mit den Anstalten der wissenschaftlichen Forschung recht nennenswerthe Fortschritte zu

verzeichnen gehabt hat, und wir dürfen nicht anstehen, zu hoffen, dass eben dieses Zusammenarbeiten ihr fürderhin zu Gute kommen wird in der Lösung weiterer Aufgaben, welche die Technik oder die Wissenschaft ihr noch stellen sollten. Nicht dankbar genug aber können Wissenschaft und Technik hier wie an anderen Stellen für die rege Fürsorge sein, durch welche ihr Zusammenwirken Seitens der staatlichen Behörden stets gefördert wurde und dauernd gefördert wird.

Verzeichniss der einschlägigen Literatur.*)

I. Ueber optisches Glas.

- 1) Dr. O. Schott: Ueber Glasschmelzerei für optische und andere wissenschaftliche Zwecke. (Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbfl. 1888, 162.)
- 2) „ Neue optische Gläser des glastechnischen Laboratoriums von Schott und Genossen in Jena. (I. 8, 392.)
- 3) „ Einfluss der Abkühlung des Glases auf sein optisches Verhalten und Herstellung gepresster Linsen in gutem Zustande. (I. 10, 41.)
- 4) Dr. S. Czapski: Mittheilungen aus dem glastechnischen Laboratorium in Jena und das neue optische Glas. (I. 6, 293, 335.)
- 5) Prof. Dr. E. Abbe: Die Verwendung des Fluorits für optische Zwecke. (I. 10, 1.)

II. Ueber Thermometergläser.

- 1) Dr. O. Schott: Vergl. Nr. I, 1.
- 2) „ Studium einiger physikalischen Eigenschaften von Gläsern und über ein neues werthvolles Glas für die Thermometrie. (I. 11, 330.)
- 3) Professor Dr. R. Weber: Ueber den Einfluss der Zusammensetzung des Glases auf die Depressionserscheinungen der Thermometer. (Sitzungsberichte der Berliner Akademie 1883, 1233.)
- 4) Dr. H. F. Wiebe: Ueber Veränderlichkeit von Quecksilberthermometern. (I. 1, 93.)
- 5–6) „ Prüfung der Thermometer. (I. 6, 22; Zeitschr. f. analyt. Chem. 1891, 1.)
- 7) „ Ueber Thermometerglas, insbesondere über das „Jenaer Normalthermometerglas“. (I. 6, 167.)
- 8) „ Ueber die Standänderung der Quecksilberthermometer nach Erhitzung auf höhere Temperaturen. (I. 8, 373.)
- 9) „ Weiterer Vergleich von Quecksilberthermometern aus verschiedenen Glasarten zwischen 0° und 100°. (I. 10, 435.)
- 10) „ Verwendung der Quecksilberthermometer in hohen Temperaturen. (I. 10, 207.)
- 11) Dr. H. F. Wiebe und A. Böttcher: Vergleichung des Luftthermometers mit Quecksilberthermometern aus Jenaer Glas zwischen 100° und 300°. (I. 10, 16 und 233.)
- 12) A. Böttcher: Ueber den Gang der Eispunktsdepression. (I. 10, 207.)
- 13) Dr. A. Mahlke: Verwendung flüssiger Kohlensäure zur Herstellung hochgradiger Thermometer. (I. 12, 435.)
- 14) „ Ueber die Messung von Temperaturen bis 550° mittels Quecksilberthermometer. (B. 27, 1815.)
- 15) „ Ueber einen Thermometervergleichungsapparat für Temperaturen zwischen 250° und 600° und über die Verwendung von Fadenthermometern bei demselben. (I. 14, 73.)

*) Hierbei sind nur die sich auf die vorstehenden Ausführungen unmittelbar beziehenden Arbeiten erwähnt. Die frühere Literatur findet sich in diesen angegeben. Eine Anzahl der angeführten Daten verdanke ich gütigen brieflichen Mittheilungen der Herren Dr. Schott (Jena), Dr. Wiebe (Charlottenburg) und Direktor Böttcher (Ilmenau), welchen ich auch an dieser Stelle für ihr bereitwilliges Entgegenkommen meinen verbindlichsten Dank sage. — I. bedeutet: Zeitschrift für die Instrumentenbaukunde, B.: Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft.

- 16) Dr. A. Mahlke: Ueber die Bestimmung der Skala von hochgradigen Quecksilberthermometern aus Jenaer Borsilikatglas 59^{III}. (I. 15, 171.)
- 17) Prof. Dr. Thiesen und Dr. K. Scheel: Ausdehnungskoeffizienten einiger Glassorten.
- 18) Prof. Dr. J. Pernet, Dr. W. Jäger und Dr. E. Gumlich: Herstellung und Untersuchung von Quecksilbernormalthermometern. (I. 15, 2, 41, 81, 117.)

III. Ueber das chemische Verhalten des Glases.

- 1) Prof. Dr. R. Weber: Ueber die chemische Zusammensetzung der Gläser und die dadurch bedingte Widerstandsfähigkeit derselben gegen atmosphärische Einflüsse. (Wiedemanns Ann. 6, 431.)
- 2) Prof. Dr. F. Mylius: Ueber die Störungen der Libellen. (I. 8, 267, 428.)
- 3) „ Prüfung der Oberfläche des Glases durch Farbreaktion. (I. 9, 50 und B. 22, 310.)
- 4) Dr. O. Schott: Eindringen von Wasser in die Glasoberflächen. (I. 9, 86.)
- 5) Dr. E. Pfeiffer: Ueber den Angriff des Glases durch Wasser und eine elektrische Methode zur Bestimmung desselben. (Wiedemanns Ann. 44, 239.)
- 6) Prof. Dr. F. Kohlrausch: Ueber die Löslichkeit einiger Gläser in kaltem Wasser. (B. 24, 3560 und Wiedemanns Ann. 44, 577.)
- 7) „ Noch einige Beobachtungen über Glas und Wasser. (B. 26, 2998.)
- 8 u. 9) Prof. Dr. R. Weber und Dr. E. Sauer: Ueber die Zusammensetzung des für chemische Geräthe geeigneten Glases. (B. 25, 70 und 1814.)
- 10) Prof. Dr. F. Mylius und Dr. F. Foerster: Ueber die Löslichkeit von Glas in Wasser. (B. 22, 1092.)
- 11) „ Ueber die Bestimmung kleiner Mengen von Alkali und die Erkennung der Neutralität des Wassers. (B. 23, 1482.)
- 12) Prof. Dr. F. Mylius und Dr. F. Foerster: Ueber die Beurtheilung von Glasgefäßen zu chemischem Gebrauche. Die Einwirkung von Wasser auf Glas. (Zeitschr. f. analyt. Chem. 1892, 241 und I. 11, 311.)
- 13) Dr. F. Foerster: Ueber die Beurtheilung von Glasgefäßen zu chemischem Gebrauche. II. (I. 13, 457.)
- 14) „ Einwirkung der Lösungen von Alkalien und Salzen auf Glas. (B. 25, 2494.)
- 15) „ Ueber die Einwirkung von Säuren auf Glas. (Zeitschr. für analyt. Chem. 1894, 299.)
- 16) „ Ueber die Erscheinungen bei der Verwitterung der Gläser und bei der Zersetzung derselben durch Wasser. (Zeitschr. f. analyt. Chem. 1894, 322.)
- 17) „ Vergleichende Prüfung einiger Glassorten hinsichtlich ihres chemischen Verhaltens. (Zeitschr. f. analyt. Chem. 1894, 381.)

IV. Ueber Jenaer Apparatenglas und Verbundglas.

- 1) Dr. O. Schott: Ueber die Ausdehnung von Gläsern und über Verbundglas. (Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbfl. 1892, 161.)
- 2) Prof. Dr. A. Winkelmann und Dr. O. Schott: Ueber die Elastizität und über die Zug- und Druckfestigkeit verschiedener neuer Gläser in ihrer Abhängigkeit von der chemischen Zusammensetzung. (Wiedemanns Ann. 51, 697.)
- 3) „ Ueber thermische Widerstandskoeffizienten verschiedener Gläser in ihrer Abhängigkeit von der chemischen Zusammensetzung. (Wiedemanns Ann. 51, 730.)

V. Allgemeines.

- 1) Dr. Glinzer: Ueber die Arbeiten des glastechnischen Laboratoriums in Jena. (Zeitschr. f. angew. Chem. 1894, 743.)

Die Konstruktion schiefachsiger Zylinder- und Kegelentwürfe.

Von R. Heger in Dresden.

In seiner verdienstvollen Schrift „über die geographisch wichtigsten Kartenprojektionen, insbesondere die zenitalen Entwürfe“, Stuttgart 1889, tritt E. Hammer mit grosser Wärme dafür ein, Länder, die nach einer Zone oder einem grösseren Zonenausschnitte sich erstrecken, durch geeignet gewählte schiefachsige Zylinder- oder Kegelentwürfe abzubilden.

Mit Recht macht Hammer darauf aufmerksam, dass gegenüber den unter allen Umständen hohen Herstellungskosten einer gut gezeichneten Karte die mathematische Arbeit nicht wesentlich in Betracht komme, die zur Aenderung der geographischen Koordinaten nöthig ist; doch kann diese Erwägung das Streben nicht aufheben, die aufwändige Arbeit der rechnerischen Koordinatenänderung möglichst zu erleichtern. Die Tafeln, die Hammer zu diesem Zwecke seinem Werke beigelegt hat, sind freilich nicht ausführlich genug, um ihrem Zwecke ausreichend zu genügen. In vielen Fällen wird man aber von der Berechnung rechtwinkliger oder polarer Koordinaten der einzelnen Kartenpunkte überhaupt absehen, und mit einer genügend vorsichtig ausgeführten Konstruktion sich begnügen können.

Für schiefachsige zenitale azimutale Horizontalentwürfe giebt Hammer im Anschlusse an Lambert eine genügend einfache Konstruktion an. Man hat nach derselben zunächst einen winkeltreuen azimutalen (sog. stereographischen) Entwurf auf den gewählten Horizont zu zeichnen, und hierauf die der Kartenmitte zukommenden Parallelkreise des stereographischen Entwurfes durch Benutzung von Maassstäben, die das „Parallelkreisgesetz“ zum Ausdruck bringen, in die entsprechenden Parallelkreise des verlangten Entwurfs zu verwandeln.

Dieser einfache und doch so fruchtbare Gedanke, zwischen das Urbild und die Karte einen bestimmten stereographischen Entwurf einzuschalten, lässt sich mit demselben Erfolge anwenden, wenn es sich nicht um einen Horizontalentwurf, sondern um einen zylindrischen oder konischen handelt.

Selbstverständlich ist hier ein stereographischer Entwurf zu verwenden, dessen Ebene rechtwinklig zur (schiefen) Achse des verlangten Entwurfs steht.

Auf diese Ebene zeichnet man die Meridiane und Breitenkreise des darzustellenden Gebietes nach bekannten

Regeln, und zwar so dicht, dass man weitere Zwischenmeridiane u. s. w. auf dem Wege der graphischen Einschaltung (entsprechend der arithmetischen Einschaltungsweise beim Rechnen mit Logarithmen) hinzufügen kann.

Hat man so die Ebene mit einem Netze von Parameterkurven (den Bildern der Meridiane und Breitenkreise) bedeckt, so fügt man ein zweites Netz hinzu, bestehend aus den Bildern der Hauptkreise, die die Achse des Zylinders oder Kegels schneiden, und den Bildern der zu dieser Achse senkrechten Parallelkreise.

Hierauf zeichnet man im Kartenentwurfe die Bilder derselben, zwei Gruppen von Linien. Durch Einrichtungen, die den für Horizontalentwürfe empfohlenen Halbmessersmaassstäben nachgebildet sind und sich den besonderen Umständen eines Zylinder- bzw. Kegelentwurfs anpassen, kann man sich diese Zeichnung erleichtern. Die Beachtung der Schnittpunkte der geographischen Parameterkurven (Meridian- und Breitenkreise) mit den kartographischen führt schliesslich zur Uebertragung der ersteren auf die Karte.

Bei einem echt konischen Entwurfe für das Königreich Italien würde es darauf ankommen, entlang eines Kreises, dem Florenz, Rom und Neapel recht nahe liegen, und der den nördlichsten Theil des italienischen Festlandes in nahezu gleiche Theile zerlegt, die Verzerrungen möglichst gering zu machen. Es dürfte in dieser Hinsicht passend sein, den Hauptparallel des Gebiets durch folgende drei Punkte P_0 P_1 P_2 zu bestimmen:

	P_0	P_1	P_2
Länge (Ferro)	27° 0'	31° 0'	35° 0'
Polabstand	44° 0'	48° 30'	51° 0'

Es gilt nun, den sphärischen Mittelpunkt M des Kreises P_0 P_1 P_2 sowie seinen sphärischen Halbmesser zu ermitteln. Benutzt man die Bezeichnungen

$$NP_0 = \delta_0, NP_1 = \delta_1, NP_2 = \delta_2, MP_0 = MP_1 = MP_2 = z, P_0NM = x, P_0NP_1 = \lambda_1, P_0NP_2 = \lambda_2, NM = y,$$

so bieten sich folgende Formeln dar

$$\left. \begin{aligned} \cos z &= \cos \delta_0 \cos \gamma + \sin \delta_0 \sin \gamma \cos z \\ &= \cos \delta_1 \cos \gamma + \sin \delta_1 \sin \gamma \cos (x - \lambda_1) \\ &= \cos \delta_2 \cos \gamma + \sin \delta_2 \sin \gamma \cos (x - \lambda_2) \end{aligned} \right\} 1)$$

Die Zusammenstellung der ersten mit der zweiten und dritten ergibt,

$$\begin{aligned} (\cos \delta_1 - \cos \delta_0) \cos y &= [\sin \delta_0 \cos x - \sin \delta_1 \cos (x - \lambda_1)] \sin y \\ (\cos \delta_2 - \cos \delta_0) \cos y &= [\sin \delta_0 \cos x - \sin \delta_2 \cos (x - \lambda_2)] \sin y \end{aligned}$$

Hieraus folgt

$$\tan y = \frac{\cos \delta_0 - \cos \delta_1}{\sin \delta_1 \cos (x - \lambda_1) - \sin \delta_0 \cos x} = \frac{\cos \delta_0 - \cos \delta_2}{\sin \delta_2 \cos (x - \lambda_2) - \sin \delta_0 \cos x} \quad 2)$$

Durch Vergleichung dieser beiden Werthe ergibt sich endlich, wenn man die Abkürzung verwendet

$$\frac{\cos \delta_0 - \cos \delta_1}{\cos \delta_0 - \cos \delta_2} = m, \quad \tan x = \frac{\sin \delta_1 \cos \lambda_1 - (1 - m) \sin \delta_0 - m \sin \delta_2 \cos \lambda_2}{m \sin \delta_2 \sin \lambda_2 - \sin \delta_1 \sin \lambda_1} \quad 3)$$

Für die gegebenen Zahlenwerthe erhält man

$$\begin{aligned} m &= 0,63009, \\ x &= 18^\circ 19' 58'', \\ y &= 40^\circ 34' 9'', \\ z &= 12^\circ 46' 20''. \end{aligned}$$

Um nun einen geeigneten Kegelentwurf möglichst unbefangen auszuwählen, legen wir als Halbmessergesetz eine Potenzreihe zu Grunde.

Ist α der (oben mit x bezeichnete) sphärische Halbmesser des Hauptparallels des Gebietes, ϱ der Halbmesser des Bildes desjenigen Nebenparallels, der den sphärischen Halbmesser $\alpha - \varepsilon$ hat, so kann man setzen, indem man zunächst ε^3 u. s. w. weglässt,

$$\begin{aligned} \varrho &= A + B\varepsilon + C\varepsilon^2, \\ \varrho' &= B + 2C\varepsilon + 3D\varepsilon^2. \end{aligned} \quad 4)$$

Wird ferner das im Gebietspole gemessene Azimut λ durch das Azimut $n\lambda$ im Kartenpole abgebildet, so ist das Verhältniss entsprechender Flächenelemente*)

$$S = -\frac{n\varrho\varrho'}{\sin(\alpha - \varepsilon)} = -\frac{n(A + B\varepsilon + C\varepsilon^2)(B + 2C\varepsilon + 3D\varepsilon^2)}{\sin(\alpha - \varepsilon)}$$

Entwickelt man $S-1$ nach Potenzen von ε , und lässt hier zunächst auch ε^2 weg, so erhält man

$$\begin{aligned} S-1 &= -n \cdot \frac{AB + (B^2 + 2AC)\varepsilon}{\sin \alpha - \cos \alpha \cdot \varepsilon} - 1 \\ &= -\frac{nAB}{\sin \alpha} - 1 - \frac{n}{\sin^2 \alpha} \left((B^2 + 2AC) \sin \alpha + AB \cos \alpha \right) \varepsilon \quad 5) \end{aligned}$$

Für die grösste Winkelverzerrung hat man

$$\sin \omega = \frac{n\varrho + \varrho' \sin(\alpha - \varepsilon)}{n\varrho - \varrho' \sin(\alpha - \varepsilon)}$$

*) Vergl. Tissot-Hammer, die Netzentwürfe geogr. Karten. Stuttgart 1887.

Beschränkt man sich auch hier auf die erste Potenz von ε , so entsteht

$$\begin{aligned} \sin \omega &= \frac{n\varrho + \varrho' \sin \alpha - \varrho' \cos \alpha \cdot \varepsilon}{n\varrho - \varrho' \sin \alpha + \varrho' \cos \alpha \cdot \varepsilon} \\ &= \frac{nA + B \sin \alpha + (nB + 2C \sin \alpha - B \cos \alpha) \varepsilon}{nA - B \sin \alpha + (nB - 2C \sin \alpha + B \cos \alpha) \varepsilon} \\ &= \frac{1}{(nA - B \sin \alpha)^2} \left\{ n^2 A^2 - B^2 \sin^2 \alpha \right. \\ &\quad \left. + (2nB^2 \sin \alpha - 4nAC \sin \alpha + 2nAB \cos \alpha) \varepsilon \right\} \quad 6) \end{aligned}$$

Wir fordern nun, dass die Karte innerhalb der hier innegehaltenen Genauigkeitsgrenzen flächentreu sei, und dass die Indikatrixellipsen an den Grenzparallelen, die wir um 2° vom Hauptparallel entfernt annehmen, in Bezug auf die Achsen und deren Orientirung übereinstimmen, und im Hauptparallel nur durch andere Orientirung von denen an den Randparallelen sich unterscheide.

Die Karte ist flächentreu, wenn

$$\begin{aligned} nAB &= -\sin \alpha \quad . \quad . \quad . \quad 7) \\ (B^2 + 2AC) \sin \alpha + AB \cos \alpha &= 0 \quad . \quad . \quad 8) \end{aligned}$$

Die Indikatrixellipsen an den Grenzparallelen (und damit an irgend zwei vom Hauptparallel gleich weit abstehenden Parallelkreisen) sind gleich, wenn

$$B^2 \sin \alpha - 2AC \sin \alpha + AB \cos \alpha = 0 \quad . \quad . \quad 9)$$

Die zuletzt gestellte Forderung ist erfüllt, wenn für den Grenzparallel ε

$$\begin{aligned} \varrho' + \frac{\sin(\alpha - \varepsilon)}{n\varrho} &= 0, \\ n[AB + (B^2 + 2AC)\varepsilon] + \sin \alpha - \cos \alpha \cdot \varepsilon &= 0, \\ nAB + \sin \alpha + (nB^2 + 2nAC - \cos \alpha) \varepsilon &= 0. \end{aligned}$$

Wegen 4) geht diese Bedingung über in

$$B^2 + 2AC - \frac{\cos \alpha}{n} = 0 \quad . \quad . \quad 10)$$

Aus 5) ergibt sich

$$B^2 + 2AC = -AB \cdot \cot \alpha.$$

Ersetzt man AB durch $-\sin \alpha : n$, so geht dies in 10) über, so dass also nur noch die Gleichungen 7), 9) und 10) in Betracht kommen.

Aus 6) und 5) folgt durch Subtraktion

$$\begin{aligned} AC \sin \alpha &= 0, \text{ also} \\ C &= 0 \quad . \quad . \quad . \quad 11) \end{aligned}$$

führt man dies in 7) ein, so folgt

$$B^2 = \frac{\cos \alpha}{n} \quad . \quad . \quad . \quad 12)$$

woraus man schliesst

$$B = -\sqrt{\frac{\cos \alpha}{n}}, \quad . \quad . \quad . \quad 13)$$

Eine Statistik der Gebäudeeinstürze.

Von Regierungsbaumeister **O. Gruner** in Dresden.

Dem halbwegs aufmerksamen Leser der Tagesblätter kann es nicht entgangen sein, dass die Unfälle bei Bauausführungen in neuerer Zeit sich in auffälliger und erschreckender Zahl gemehrt haben. Da hiermit fast ausnahmslos Gefährdung oder auch Verlust von Menschenleben verbunden ist, so sollte diese Erscheinung wohl die Aufmerksamkeit sowohl des Fachmannes, als auch weiterer Kreise auf sich lenken. Es ist bekannt, welche genaue Statistik auf ärztlichem Gebiet hinsichtlich der Krankheits- und Sterblichkeitsverhältnisse vorgeschrieben ist und getrieben wird; wenn sich nun auch weder eine Gebäude- noch sonstige Statistik in Bezug auf die Wichtigkeit ihres Gegenstandes mit der vergleichen kann, welche Leben und Sterben des Menschen betrifft, so dürften doch Ereignisse, deren Folgen dem Menschen so leicht und oft verderblich werden, einer fortgesetzten Beobachtung, insbesondere auch Seitens der Regierungsbehörden, und des vergleichenden Studiums nicht unwerth sein.

Dabei ist freilich nicht zu verkennen, dass derartigen Vorkommnissen meist etwas Peinliches anhaftet. Stirbt dem Arzt ein Patient, so wird dies, trotz aller üblichen Sarkasmen, als eine in der menschlichen Natur begründete oder durch höheren Rathschluss eingetretene Nothwendigkeit erklärt und ertragen; — bricht aber ein Gebäude zusammen, so wird in 99 von 100 Fällen die Schuld dem Erbauer zugeschoben und sehr oft auch nachzuweisen sein. Bei weiterem Nachforschen wird sich dann nicht selten ergeben, dass bei intensiverer Aufsichtsführung durch die berufene Behörde die Katastrophe zu vermeiden gewesen wäre, und in letzter Linie wird sich häufig herausstellen, dass dem Unternehmer die fachliche Vorbildung entweder gänzlich fehlte, oder auf der Schule nicht in einer für die Praxis geeigneten und genügenden Weise geboten worden war.

Man sieht also, dass so ziemlich alle unmittelbar theiligten Kreise ein Interesse daran haben, dass der Schleier des Schweigens und Vergessens möglichst bald und undurchdringlich über solche Anzeichen menschlicher Unzulänglichkeit gedeckt werde. In der That sind auch die Veröffentlichungen, die sich trotzdem in den Tagesblättern darüber vorfinden, meist so sensationell gefärbt und mit so vollständigem Mangel an Sachkenntniss geschrieben, dass sie zu Nachforschungen in unserem Sinne ganz ungenügende Unterlagen bilden würden. Und doch läge es unverkennbar sowohl im Interesse der Allgemeinheit, wie auch des

Baufaches selbst, wenn derartige Vorkommnisse offen, mit Fachkenntniss und gründlich untersucht und besprochen würden. Bei zahlreichen Baumaterialien, insbesondere den Zement- und Gypssurrogaten der neusten Zeit sind uns die äussersten Grenzen der Anwendbarkeit, Zuverlässigkeit und Dauer noch nicht genau bekannt; manche Konstruktionen, welche sich bei den angeregten Untersuchungen als Quelle des Unheils ergeben, würden viel früher vermieden oder mit mehr Vorsicht und Nachdenken angewendet werden. Zur Zeit haben die technischen Beamten der verschiedenen Baupolizeibehörden weder Zusammenkünfte noch ein besonderes Organ, wo sie derartige Wahrnehmungen oder sonstige nützliche Erfahrungen austauschen könnten; die Folge davon ist, dass derselbe Gegenstand in den verschiedenen Städten mitunter die widersprechendste Auffassung und Behandlung erfährt.

Aber auch in der eigenen Stadt geht dem Baupolizeibeamten manche werthvolle Erfahrung verloren, zu der sich z. B. bei grossen Bränden Gelegenheit böte, wenn die nachträgliche Untersuchung über die Veranlassung nicht (wie z. B. in Leipzig) durch einen juristischen Beamten vorgenommen würde (§ 50 des Sächs. Brandvers.-Ges.). Was uns aber zunächst die Hauptsache zu sein scheint: es würde sich mit überwältigender Beweiskraft die Nothwendigkeit herausstellen, von den Bauausführenden einen Nachweis ihrer Befähigung zu fordern, die Aufgaben der Baugewerkschulen mehr auf praktischem und handwerklichem Gebiet zu suchen und endlich, die Thätigkeit der Baupolizei einheitlicher und sachlicher zu organisiren, damit sie alle Bauausführungen, in der Stadt sowohl wie auf dem Lande (vergl. hierzu Nr. 17 der Südd. Bauzeit. 1895) unausgesetzt und mit gleicher Gründlichkeit überwacht und im Allgemeinen weniger auf die Wahrnehmung des vorgeschriebenen Formalismus und Aktenwesens, als auf zweckdienliche, sanitär zuträgliche und technisch tüchtige Ausführungen Werth legen möge.

Die Organisation und Handhabung der Baupolizei im deutschen Reich zeigt jetzt die bunteste Mannigfaltigkeit; übereinstimmend und charakteristisch ist fast allenthalben nur die geringe Bedeutung, die man ihr beilegt, die vieler Orten bis zur Geringschätzung der ganzen Einrichtung als einer zwecklosen und lästigen Fessel herabsinkt. Der Verfasser hat sich schon früher (u. A. 1887 in der Försterschen Bauzeitung Seite 33 flg.) bemüht nachzuweisen, wie falsch und schädlich eine solche Auffassung einer sachgemäss

geleiteten Baupolizeibehörde gegenüber ist. So lange freilich die baupolizeilichen Funktionen auf dem Land und in den kleinen Städten sowohl von den Technikern wie Verwaltungsbeamten regelmässig nur im Nebenamt ausgeübt werden und so lange auch in den grösseren Städten die Besoldungen der hierfür besonders angestellten technischen Beamten so niedrig bemessen werden, dass die Bewerbung vielseitig und wissenschaftlich gebildeter und auch praktisch erfahrener Fachleute um diese Stellen nicht zu erwarten steht, ist in technischer Hinsicht ein weiterer Gesichtskreis in Baupolizeifragen nicht zu hoffen. Aber auch die juristischen Elemente, deren Händen die oberste Leitung dieser Geschäfte regelmässig übertragen wird, bringen nur in den seltensten Fällen so viel Unbefangenheit und technisches Verständniss mit, wie zum Eindringen in eine schwierigere Planung und zum richtigen Beurtheilen aller mitsprechenden Verhältnisse erforderlich ist. Man vergegenwärtige sich doch einmal die Einwendungen und den Widerstand, wenn selbst der gescheidteste Techniker in der einfachsten Sache bei einem ordentlichen Gericht als Einzelrichter fungiren wollte; — aber die Entscheidung in rein bautechnischen Angelegenheiten durch einen Juristen, wie die Handhabung der Baupolizei sie alle Tage mit sich bringt, findet man ganz in der Ordnung!

So lange es sich bei den Baugenehmigungen nur um einfache, alltägliche Sachen handelt, die in herkömmlicher Weise durch zuverlässige Baumeister und angelernte Arbeiter ausgeführt wurden, konnte die bürokratische Behandlung der Baupolizei wohl genügen; seitdem aber, auch auf dem Lande, Bauaufgaben (man denke z. B. an Fabrikgebäude

oder Luftkurhotels) in bisher ungekanntem Umfange, mit neu eingeführten Baumaterialien, auch von Unternehmern, die das Bauen so wenig wie ihre Arbeiter ordentlich gelernt haben, oft von der gewissenlosesten Spekulation in Angriff genommen werden, seitdem in den rapid wachsenden Städten auch ein gut Theil der öffentlichen Gesundheitspflege und der Bauhygiene den Baupolizeibehörden übertragen worden ist, seitdem werden andere Anforderungen als früher an diese und an ihr Personal gestellt. Mit dem Vorprüfungsverfahren, wie es fast allenthalben noch in Gebrauch ist und das, nach Lage der Verhältnisse, weit über den blos baurechtlichen Rahmen hinaus sich auch auf architektonische und konstruktive Fragen erstrecken muss, übernimmt die Baupolizei vor der Mit- und Nachwelt eine moralische Verantwortung, an die man früher kaum gedacht hat. Wenn da Angesichts der sich mehrenden Gerüst- und Gebäudeeinstürze, dem Versinken ganzer Strassen (Brux) und dem Verbrennen ganzer Ortschaften (Brotterode) und den vielen sonstigen kleineren und grösseren Unfällen, die mit dem Bauen zusammen hängen, den Juristen, die doch in letzter Instanz diese Verantwortung zu tragen haben, manchmal bange würde, so wäre es wahrlich nicht zu verwundern!

Für den Verband der deutschen Architekten und Ingenieure aber dürfte der Gegenstand vor andern zu gemeinsamer Behandlung sich eignen, da er die Interessen des Fachs wie der Allgemeinheit gleich nahe berührt und einer einheitlichen Regelung im ganzen Reich dringend bedarf.

Literarische Besprechungen.

A. Stormhöfel, Stadtbaurath a. D. Akustik des Baumeisters oder der Schall im begrenzten Raume. Mit 22 Abbildungen im Text. Berlin, Schuster & Buefle. 1894.

Die Untersuchung der Schallentwicklung in grösseren Räumen ist eine Aufgabe, von der sich die Naturforscher bisher ferngehalten haben, namentlich wegen ihres Zusammenhangs mit rein praktischen Fragen, deren Lösung deshalb Sache des Baumeisters sein und bleiben wird. Eine ganze Anzahl in- und ausländischer Fachgenossen (Langhans, Daly, Davioud, Bourdais, Lachez, Orth) haben einzelne Gebiete (Theater, grosse Rotunden, Kirchen), mit denen sie sich gerade beschäftigten, in Bezug auf Akustik untersucht, aber zunächst bleibt das akustische Ergebniss bei einem derartigen Neubau doch noch dem Zufall überlassen, weil die Schwierigkeiten solcher Untersuchungen bisher sich bis zur Unlösbarkeit häuften und verknöteten. Der Verfasser der vorliegenden Schrift beansprucht für sich nicht den Ruhm, die Frage allgemein und endgiltig gelöst zu haben, wohl aber hat er einige Fundamentalsätze, die bisher ungeklärt, schwankend oder unbekannt waren, durch geistvolle Untersuchungen und sorgfältige Versuche richtig beleuchtet und festgestellt, auch dabei die Versuche anderer Physiker wie Vierordt, Schafhäütl, Oberbeck nicht ausser Betracht und Vergleich mit seinen Resultaten gelassen. Ehe er diese mittheilt, behandelt er in dem vorliegenden Buche die bekannte Theorie des Schalles, des Tones, des Geräusches, des Klanges, des Hörens, sammt dem Bau des menschlichen Ohres, giebt die Erklärung für den Begriff Reizschwelle, d. h. die untere Grenze, bei welcher die Schwingungen eines schallfähigen Körpers dem Ohre bemerkbar werden, sowie für die von ihm eingeführte Bezeichnung Schallschwelle, d. h. das bestimmte Maass (Amplitude) der Schallschwingungen, bei welchem für eine bestimmte Person bei einer bestimmten Entfernung das Hören beginnt. Die Reizschwelle ist zwar nicht nur bei verschiedenen Personen ungleich (scharfes und schlechtes Gehör), sondern verändert sich auch bei demselben Individuum je nach der körperlichen Disposition schon nach zwei Stunden; gleichwohl ist erst mit der Reizschwelle für die Beurtheilung der Schallintensität ein bisher mangelnder fester Punkt geschaffen worden und Stormhöfel's mühsamen und gewissenhaften Versuchen, die er (zumeist auf grossen Waldblössen in den Rüdersdorfer Forsten) mit dem von ihm konstruirten „Saitenhämmerchen“ und den „Fallstäbchen“ anstellte, ist dieser Fortschritt zu danken. Er selbst bezeichnet allerdings das Ergebniss der Versuche als noch nicht völlig abgeschlossen, immerhin haben sie die Unhaltbarkeit des Axioms: „die Kraft des Schalles nimmt ab, wie die Quadrate der Entfernungen vom Ursprungsort zunehmen“ überzeugend nachgewiesen. Der Verfasser er-

klärt das so: Könnten die Schwingungen doppelter Amplitude ihre Kraft in einem einzigen Schlage statt gegen die elastische Membran des ovalen Fensterchens (im menschlichen Ohr) gegen einen unelastischen Körper äussern und diese Wirkung durch die Nerven dem Gehirn übermittelt werden, so würde dort auch der Eindruck vierfacher Kraft stattfinden; zum Glück für uns quadriert sich aber der Nervenreiz nicht nach dem Prinzip der lebendigen Kraft. Der Irrthum war also bisher, dass die mechanische Wirkung der Kraft: der Schlag, mit den akustischen Folgen: den Schallschwingungen verwechselt wurde. Der Verfasser bespricht dann eingehend den Einfluss der Reflexe, die sich allenthalben der direkten Schallwelle zugesellen. Zumeist wirken sie schallverstärkend und günstig, sofern sie nämlich das Ohr mit ganz geringer Zeitdifferenz gegen den direkten Schall erreichen; störend, wegen der grösseren Wegdifferenz, wirken sehr leicht die Deckenreflexe. Dies wird empfunden, wenn das Maass der äussersten Wegdifferenz 17 *m* und darüber beträgt. Dass die Beschaffenheit der Oberfläche (Fussboden, Wände, Decke) für das Maass des Reflexes von grossem Einfluss sei, war bereits bekannt: Stormhöfel hat dafür bestimmte Verhältnisszahlen ermittelt, von denen hier nur einige mitgetheilt seien. Es reflektirt eine faltige Plüschdraperie mit 20%, glatt getretene Kiesfläche mit 50%, glatter Wandputz mit 80–85%, polirte Holztäfelung mit 95% und polirte Stein- oder Kalkwand gleichfalls mit 95% Nutzeffekt. Zu den Reflexen kommt häufig und als immer störende Zugabe der Nachhall, der durch mehrfache Reflexion der Schallwellen mit immer längeren Wegen entsteht und erst allmählich erstirbt. Da er mit den einfachen glatten Putzwänden fast untrennbar zusammenhängt, so sind solche in Räumen, wo Vorträge gehalten werden sollen, nur in besonderen Fällen zu verwenden. Auszuschliessen sind sie bei der dem Redner gegenüberstehenden Schlusswand, weil sie hier nicht nur Nachhall, sondern bei genügender Entfernung (etwa von 30 *m* an) sogar Widerhall (Echo) befürchten lassen. Im übrigen sagt aber schon Langhans, die Bemühungen, die Schallreflexe fortzuschaffen, würden ebenso sinnreich sein, als wenn man die Beleuchtung eines grossen Saales durch schwarzen Anstrich an Wänden und Decke zu verbessern gedächte; wenn die menschliche Stimme, die ohne irgend einen Reflex nur bis zu 20 *m* Entfernung genügt, in einem Raume von 50–60 *m* Länge hinreichend verständlich sein soll, ist die Mitwirkung günstiger Reflexe gar nicht zu entbehren. Freilich bringt das Vorherrschen der Kreislinie, der Zylinder- und Kugelfläche im Bauwesen es

mit sich, dass an einzelnen Orten Häufungen zurückgeworfener Schallwellen entstehen, die den gerade dort befindlichen Zuhörern lästig werden können. Hingegen können günstige Reflexe, z. B. in einem langen Korridor, in ihrer Gesamtwirkung fast fünfmal so stark sein, wie der direkte Schall. Nach eingehender Untersuchung der schallzerstreuenden Wirkung der Reliefs (Ornamente, architektonische Gliederungen an Wänden und Decke) gelangt der Verfasser zu der Empfehlung, die Wandflächen zunächst der Schallquelle und etwa bis zu 20 m Entfernung im Interesse der näher liegenden (vorderen) Plätze mit Rapp-Putz oder Draperien zu versehen, weil hier der direkte Ton allein hinlänglich gut gehört wird und die Reflexe nur belästigen würden; ausserdem erklärt er die viel bessere Akustik eines gefüllten Hauses aus den dicht gedrängten reflektirenden Flächen von ca. 1.30 m Höhe, welche die Zuhörer oder Zuschauer bilden. Ferner empfiehlt Sturmhöfel, die ersten (vorderen) 20 m des Fussbodens eines zum Hören bestimmten Raumes in eine Ebene zu legen und erst von da an die Sitzreihen zuerst wenig, dann stärker (am besten nach einer Hohlkugel oder einem Hohl ellipsoid) ansteigen zu lassen. Die gute Akustik der antiken Theater erklärt sich nach ihm in erster Linie aus der Anordnung der Sitzreihen auf einem stark ansteigenden Hohlkegel. — Es folgt nun eine Anwendung des bisher Gesagten auf ein Beispiel, wobei die Berechnung der Schallverbreitung, Reflexwirkung aus den Zuschauerreihen und Gesamtwirkung für den entferntesten Sitzplatz mit bestimmten Zahlen versucht wird. Hiernach bespricht der Verfasser die mehrmalige Schallbrechung, deren Gesamtwirkung bis zur Lästigkeit gesteigert würde, wenn nicht durch die Interferenzen eine gegenseitige Vernichtung derjenigen Schallwellen eintrete, deren positive und negative Phasen sich decken. Da die Interferenzen aber für ein gegebenes Lokal im voraus so zu sagen unberechenbar sind und auch immer nur für eins unserer beiden Ohren eintreten, so lässt der Verfasser ihren mindernden Einfluss ausser Rechnung. In § 45 erklärt er die Entstehung der Fabel von den akustisch günstigen Verhältnisszahlen für Länge, Breite und Höhe eines Saales aus den widersprechenden Anforderungen, welche Aesthetik und Akustik bei wachsender Länge eines Raumes an dessen Breite und Höhe stellen. Das künstlerische Empfinden verlangt entsprechende Zunahme der letzteren, die Rücksichten auf die Schallentwicklung verlangen mit zunehmender Länge Abminderung der Breite und Höhe; Sturmhöfel bezeichnet die akustischen Raumproportionen als phantastischen Spuk, weil die Stärke der Reflexe nur zum kleineren Theil (ca. $\frac{2}{5}$) von den Hauptabmessungen des Raumes abhängt. Im Gegensatz zum Schall, welcher entsteht, wenn die Schwingungen eines Körpers auf die Luft übertragen werden, unterscheidet man noch die Resonanz d. h. das Mitschwingen eines festen Körpers. Nicht nur die besonders zu dem Zweck bestimmten Resonanzdecken und Resonanzböden, sondern alle beim Bauen verwendeten Körper sind elastisch und damit auch resonant; dass das Holz diese Eigenschaft in hervorragendem Masse besitzt (die Schallgeschwindigkeit im Holz ist auch die 12—18fache der Luft), war schon in antiker Zeit bekannt und geschätzt, aber erst die neuere Zeit hat es versucht, die Resonanz-

bedingungen zu ergründen. Die Resonanz des Podiums wächst mit dem Elevationswinkel der Zuhörer über der Podiumfläche; die wachsende Ueberhöhung der Sitzreihen ist somit nicht nur für den direkten Ton und seine Reflexe, sondern auch für die Resonanz des Podiums von Wichtigkeit. Die Tonverstärkung ist am auffälligsten bis zum Elevationswinkel des Ohres über der Tafel bis zu 30—40° und nimmt, weniger rasch, bis zu 50—60° zu, noch langsamer dann bis zu 90°. Der Verfasser giebt dann in einem besonderen Kapitel an, wie die Resonanz bei der konstruktiven Ausgestaltung der Rednertribünen und Kanzeln nutzbar gemacht werden kann. Da die Resonanz des Podiums selbst bloss den höher liegenden Sitzreihen (Logen) zu gute kommt, so ist in Konzert- und Versammlungsräumen (auf der Bühne verbietet sich das ja leider) auch die senkrecht stehende Rückwand des Podiums in leicht vibrirendem Tafelwerk auszubilden und mit dem Podium sorgfältig zu verbinden. Das Rednerpult soll aus einem leichten Gestell mit durchbrochenen Vorderflächen bestehen; in den Kirchen sind kräftige, reich profilirte Gewölbrücken, stark reliefirte Gliederungen und raue Felder an den Wänden, Pfeilerbündel mit runden Profilen und Holzfussböden in den Gestühlen zu empfehlen. Die, wenn möglich nur wenig erhöhte hölzerne Kanzel soll mit einer breiten Rückwand verbunden und mit hinreichend grossem Schalldeckel versehen und so gestellt werden, dass der Prediger möglichst in die Längsachse der Kirche sprechen kann. Auch für Bühnenpodien empfiehlt Sturmhöfel für die 0te und 1te Kulissengasse einen schwachen Belag von ausgewähltem Tannenholz (mit entsprechend nahe zusammen gerückten Unterstützungen), anstatt der ohnehin unbegreiflich geschmacklosen, grossen Massenversenkung, welche an dieser Stelle durch die Schablone gefordert wird. Als Endergebniss bezeichnet der Verfasser es als gewiss, dass bei zweckmässiger Gestaltung und Durchbildung ein Versammlungsraum selbst für mehr als 4000 Sitzplätze von der menschlichen Stimme in befriedigender Weise beherrscht werden kann und beruft sich als Beweis dafür auf das Theater in Oberammergau als ein noch vielfach verbesserungsfähiges Provisorium, wo doch die Dilettanten bis zum letzten Platz deutlich verstanden werden. Zum Schluss werden noch einige praktische Fälle erläutert und dabei nachgewiesen, dass der Standpunkt des Redners am besten etwa 1 m vor der Rückwand ist, dass diese Rückwand am besten als flache Nische gestaltet wird und dass der Reflexionseffekt ein nahezu vollkommener sein wird, wenn deren Oberfläche aus polirtem Marmor hergestellt wird. Weicher und runder ist die Wirkung freilich, wenn die Rückwand mit dünner, hohler Holztäfelung versehen wird. Die Resonanz der Marmorplatte ist zwar (nach Henrys Versuchen) von $11\frac{1}{2}$ mal längerer Dauer, aber lange nicht so kräftig, wie bei Holz. Für Festhallen von ungewöhnlichen Dimensionen empfiehlt Sturmhöfel, am Ende seiner interessanten und lehrreichen Schrift, das Rednerpult auf ein zweistufiges Podium zu stellen, mit dem sowohl eine Rückwand, als ein polirter Schalldeckel, letzterer mit zweckentsprechender Neigung, aus Marmor oder Holzfüllungen bestehend, fest zusammen hängt; das Ganze in üblicher Weise drapirt.

Wenn man zugiebt, dass Sturmhöfel mit seinen Aus-

führungen und Vorschlägen, insbesondere auch hinsichtlich der anzuwendenden Apparate einen gangbaren Weg angiebt, der, von wissenschaftlich erhärteten Grundsätzen ausgehend, namentlich auf den praktischen Versuch in vorhandenen grossen Räumen hinweist, so wäre es sehr zu wünschen, dass sich nun auch Fachgenossen fänden, die diese Versuche in dem erforderlichen Umfange und mit der nöthigen Sachkenntniss und Umsicht ausführen wollten. Es wäre das eine durchaus angemessene und dankbare Auf-

gabe für die technischen Vereine in grossen Städten, wo viele derartige Versuchsobjekte sich vorfinden; schade, dass die Zersplitterung in mehrere Vereine die Zusammenfassung aller wissenschaftlichen und künstlerischen Kräfte und deren Konzentrirung auf ein gemeinsames Ziel (wenigstens in Dresden) vereitelt; das angebliche Verfolgen gemeinsamer Ziele ohne solche positive Aufgaben und Bemühungen wird von den Nichteingeweihten leicht als leere Phrase gedeutet.

O. Gr.

Lexikon der gesamten Technik und ihrer Hilfswissenschaften. Herausgegeben von Otto Lueger im Verein mit Fachgenossen. Mit zahlreichen Abbildungen. Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart, Leipzig, Berlin, Wien 1894. I. Abtheilung. 1. Hälfte. Gr. 8°. Preis 2,50 M.

Dem Gebiete der Technik und ihrer Hilfswissenschaften fehlte es bisher keineswegs an alphabetischen Enzyklopädiën. Wir erinnern nur an die Werke von Karmarsch-Heeren (Technologie), Fehling, Ladenburg, Dammer (Chemie), Mothes (Baulexikon), Bucher (Reallexikon der Kunstgewerbe), Gehler (Physik), Klügel-Grünert (Mathematik), denen sich noch mehrere andere zur Seite stellen liessen. Indessen behandeln alle nur ein bestimmtes technisches Gebiet oder eine besondere Wissenschaft, während ein Lexikon der gesamten Technik mit ihren Hilfslehren bisher nicht vorhanden war. Dr. Lueger, Professor und Civilingenieur in Stuttgart, der bekannte Verfasser der „Wasserversorgung der Städte“ hat es unternommen, diese Lücke auszufüllen und zu diesem Zwecke eine stattliche Reihe von Mitarbeitern gewonnen, von denen der grösste Theil in der technischen Welt bereits einen geachteten Namen besitzt. Die Herstellung des Lexikons liegt in den Händen der deutschen Verlagsanstalt, sodass die Durchführung des umfassenden Unternehmens als gesichert anzusehen ist.

Gegenwärtig liegt nun die erste Hälfte der ersten Abtheilung vor, welche auf 80 Seiten mit ebenso viel Fi-

guren etwa 180 Stichworte behandelt und bezüglich vieler anderer auf spätere Artikel verweist. Diese auf einen kleinen Abschnitt des Alphabets (vom Buchstaben A bis zu „Absperrvorrichtungen der Gasanstalten“) entfallende bedeutende Zahl von Stichworten giebt einen Begriff von dem Umfange des zu bewältigenden Stoffes, liefert aber auch den Beweis, mit welcher Sorgfalt Alles zusammengestellt ist, was dem Techniker bei Ausübung seines Berufs vorkommen kann. Diese Berücksichtigung thunlichst aller technischen Gegenstände, Begriffe und Bezeichnungen bei Aufstellung des Stichwortverzeichnisses ermöglicht erst die erfolgreiche Ausnutzung des eigentlichen Vorzugs der lexikalischen Anordnung, welche ohne langes Suchen womöglich auf jede gestellte Frage eine rasche Antwort geben soll. Dass diese Antwort den Kern der Sache trifft und zugleich eine genügend ausgiebige ist, darf von der grossen Mehrzahl der bisher gebrachten Artikel behauptet werden. Endlich ist durch ausgiebige Litteraturnachweise — nicht blos am Schlusse der Artikel, sondern auch durch Bezugsziffern an den betreffenden Stellen des Textes — für alle Diejenigen gesorgt, welche sich über einzelne Gegenstände noch eingehender unterrichten wollen.

A. F.

Handbuch der praktischen Gewerbehygiene. Unter Mitwirkung von Fachgenossen herausgegeben von Dr. H. Albrecht in Gr.-Lichterfelde. Mit mehreren hundert Figuren. Berlin 1894. Robert Oppenheim (Gustav Schmidt). Erste und zweite Lieferung. Preis jeder Lieferung 4,50 M.

Die thatkräftige Inangriffnahme gesundheitlicher Maassregeln durch die Staatsbehörden und Gemeindeverwaltungen gehört zu denjenigen Erscheinungen, welche dem letzten Viertel des zu Ende gehenden Jahrhunderts sein eigenartiges Gepräge verleihen. Es mag dahingestellt bleiben, welche Triebfedern für dieses Vorgehen maassgebend sind: selbst wenn man aber von Menschlichkeitsgründen ganz absehen und lediglich den Nützlichkeitsstandpunkt einnehmen will, so wird man zu dem Ergebniss kommen müssen, dass jene Maassregeln schon jetzt eine Verlängerung der mittleren Lebensdauer erzielt haben, welche wieder eine erhöhte Gesamtleistung der Nation und dadurch eine reichliche Verzinsung der aufgewendeten Ausgaben zur Folge hat. Ausserdem verursacht die Herabminderung der Sterbe- und Krankheitsfälle eine erhebliche Ermässigung der unproduktiven Ausgaben durch Fortfall der Begräbniss- und Verpflegungskosten. Wenn es weiter gelingt, jene Fälle auch nur um ein Zehntel herabzusetzen, so würden im deutschen

Reiche jährlich etwa 120 000 Menschen weniger sterben und dadurch der Bevölkerung viele Millionen der genannten Kosten erspart bleiben. Erheblich höher beziffert sich aber der Nutzen, welcher dem nationalen Wohlstande dadurch erwächst, dass der Einzelne in den Stand gesetzt ist, seine Thätigkeit nicht allein länger, sondern zugleich in gesunderem Zustande auszuüben.

Ist auch auf dem Gebiete der Hygiene schon Manches geschehen, so darf man sich nicht verhehlen, dass der noch zu bewältigende Rest ein sehr grosser ist. Alles, was zu seiner Verkleinerung beiträgt, muss deshalb freudig begrüsst werden. In besonderem Maasse gilt dies von dem vorliegenden Werke, welches sich mit dem Wohlergehen desjenigen Theiles unseres Volkes beschäftigt, der in gewerblichen Betrieben thätig ist. Der Aufbau des Ganzen erfolgt auf den wissenschaftlichen Arbeiten von Hirt, Eulenberg, Popp und Anderer, berücksichtigt jedoch besonders die technische Seite der gewerblichen Hygiene.

Dadurch sucht das Werk die Aufgabe zu erfüllen, den staatlichen Gewerberäthen und Gewerbeinspektoren, den berufsgenossenschaftlichen Beamten und den Betriebsunternehmern, daneben aber auch den sich mit derartigen Fragen beschäftigenden Medizinalbeamten einen praktischen Leitfaden in die Hand zu geben. In der Erwägung, dass der erste Schritt zur Besserung eines Uebels die Erkenntniss desselben bildet, ist am Eingange ein vortrefflicher, auch dem Nichtarzt leicht verständlicher Abriss über die gesundheitsschädigenden Einflüsse der gewerblichen Arbeiten durch Oberstabsarzt Dr. Villaret in Spandau vorangeschickt. Dann folgt eine Darstellung des Wesens und der Ursachen der häufigsten Betriebsunfälle nebst Unfallstatistik seit 1886 durch den Herausgeber und hierauf der dritte Abschnitt über Bau und bauliche Einrichtungen von Fabriken und Werkstätten vom Gewerbeinspektor W. Oppermann in Arnberg. Den Schluss der zweiten Lieferung bildet eine Besprechung der Heizung und Lüftung der Arbeitsräume von Professor K. Hartmann-Berlin. Für den Techniker

sind insbesondere die beiden letztgenannten Abschnitte von Interesse; sie geben unter Anlehnung an eine grössere Zahl von Ausführungen eine gute Uebersicht über Gestaltung des Grundrisses, über Raumerforderniss, Beleuchtung, Wände, Decken, Fussböden, Bedachungen, Treppen, Aufzüge und sonstige bauliche Einrichtungen einer Fabrik einschliesslich der Heizung und Lüftung derselben; dabei wird der Text durch zahlreiche gute Abbildungen erläutert.

Schliesslich sei noch der Einleitung gedacht, in welcher der Herausgeber die Entwicklung der heutigen Gewerbe-gesetzgebung und ihre gegenwärtigen Mängel, ferner die staatliche Beaufsichtigung der Betriebe und die anzustrebenden Ziele der Gewerbehygiene in lichtvoller Weise erörtert.

Das bestens zu empfehlende Werk wird vier bis fünf Lieferungen umfassen und nicht über 20 Mark kosten, ein Preis, der im Hinblick auf die gute Ausstattung der ersten beiden Hefte als ein mässiger bezeichnet werden muss.

A. F.

W. Ritter. Der Brückenbau in den Vereinigten Staaten Amerikas. Zürich, Albert Raustein. 1894. Preis 4,60 Mk.

Eine treffliche, mit 12 Tafeln und 60 Textfiguren ausgestattete Schrift, in welcher das im Jahre 1893 auf einer dreimonatlichen Reise durch die Vereinigten Staaten gesammelte Material in knapper und zugleich übersichtlicher Form zur Darstellung gelangt ist. Zu jener Reise entschloss sich der Verfasser, weil die Ausstellung in Chicago nur ein lückenhaftes Bild von dem Stand des amerikanischen Brückenbaues lieferte. Den Anfang des 66 Seiten umfassenden Textes macht eine kurze Darstellung der Technik der amerikanischen Holzbrücken (nach S. 4 wurden 1887 und 1888 noch über Dreiviertel aller neuen Bahnbrücken der Ver-

einigten Staaten aus Holz hergestellt). Dann folgen die eisernen Brücken (eine Besprechung der Steinbrücken konnte wegen ihres seltenen Vorkommens unterbleiben), bei welchen in den Abschnitten „Augenstäbe“, „Knotenpunkte“ und „Hängebrücken“ das Charakteristische der amerikanischen Bauweise besonders hervorgehoben wird. Wohl nur in Folge eines Versehens ist S. 63 bei Aufzählung weitgespannter Brücken die Weite der Budapester Kettenbrücke zwischen den Mittelpfeilern zu 380 m angegeben, während sie in Wirklichkeit nur halb so gross ist.

A. F.

Die Wasserversorgung der Landeshauptstadt Linz. Eine nach den amtlichen Protokollen zusammengestellte Denkschrift von Prof. J. F. Heller, Gemeinderath zu Linz. Linz 1894. E. Mareis. Mit 7 Tafeln.

Die Gewinnung des Leitungswassers für die gegen 80000 Einwohner zählende Stadt Linz erfolgt aus drei durch Heberleitung verbundene gemauerte Brunnen von etwa 12 m Tiefe und bezw. 4,4 und 2,8 m Lichtweite. Ihre Entfernung beträgt 115 m; der dichte Mantel ist bis auf 1 m Abstand von der undurchlässigen Tegelschicht herabgeführt. Das Grundwasser, welches aus einer 7—8 m starken Schicht von grobem Schotter entnommen wird, hat 18 deutsche Härtegrade und wird vorläufig in einer grössten Menge von 110 sl durch zwei dreicylindrige Maschinen von je 55 PS in einen 3200 cbm fassenden Hochbehälter gehoben, der 55 m über dem gesenkten Brunnenspiegel liegt. Später ist dann noch ein kleiner Behälter zur Speisung einer höher gelegenen Zone ausgeführt; er liegt 71 m über dem Hauptbehälter und wird durch ein Pumpwerk von 11 PS gespeist, welches durch elektrische Ueber-

tragung von einer Hilfsdampfmaschine des Schöpfwerks betrieben wird. — Die Angabe der Gewinnungsstelle des Wassers erfolgte durch den kürzlich verstorbenen Baurath Salbach in Dresden; die Ausführung durch österreichische Unternehmer.

Die Denkschrift berücksichtigt in eingehender Weise die Entstehungsgeschichte des Wasserwerks und die verschiedenen Schwierigkeiten, welche sich der Ausführung desselben entgegenstellten. Wenn demgemäss die technischen Einzelheiten in der Darstellung und den Abbildungen etwas zurücktreten, so bietet die Schrift immerhin dem Wasserleitungsingenieur manches Interessante, u. a. durch Mittheilung der Gutachten, welche über die Beschaffenheit des erschlossenen Wassers eingeholt wurden.

A. F.

Allen Hazen. The filtration of public water-supplies. New-York. John Wiley & Sons. 1895. Preis gebunden 8,60 Mk (2 Dollars)

Der Verfasser, früher Chemiker und Bakteriologe der board of health des Staates Massachusetts, einer Behörde, deren umfassende und segensreiche Thätigkeit auf dem Ge-

biete der öffentlichen Gesundheitspflege sich auch bei uns hoher Anerkennung erfreut, hat sich durch eingehende örtliche Studien mit den Wasserwerkseinrichtungen der euro-

päischen Kulturstaaten vertraut gemacht. Wenn bei diesen Studien vorzugsweise die Filteranlagen Berücksichtigung gefunden haben, so ist dies augenscheinlich geschehen, weil die Heimat des Verfassers der späteren Verwerthung der auf diesem Spezialgebiete gesammelten Kenntnisse ein besonders günstiges Feld bot. Dass in den nordamerikanischen Städten erheblich mehr Wasser verbraucht wird, als bei uns, ist bekannt; weniger aber, dass die Beschaffenheit des verbrauchten Wassers in zahlreichen, ja in den meisten Fällen viel zu wünschen übrig lässt. Die grosse Mehrzahl der amerikanischen Städte wird aus Sammelbecken, Seen oder natürlichen Wasserläufen versorgt, aber nur ein kleiner Theil der Werke ist mit Filteranlagen versehen. Es liegt auf der Hand, dass der Genuss des nur durch Ablagerung unvollkommen gereinigten Wassers nicht ohne Einfluss auf den Gesundheitszustand der Bewohner bleiben kann und in dieser Beziehung ist die von Hazen gegebene statistische Nachweisung über die Zahl der Todesfälle am Typhus in nordamerikanischen Städten von Interesse, namentlich wenn man sie mit den gleichen Zahlen unserer deutschen Städte vergleicht. Während z. B. in Dresden von 100 000 Einwohnern jährlich nur fünf am Typhus starben, und selbst in Hamburg — welches bis vor einigen Jahren wohl die schlechteste Wasserversorgung unter den deutschen Städten hatte — jene Ziffer in den letzten beiden Jahren auf 18 herabgegangen ist, beträgt der Durchschnitt aus den angeführten 52 nordamerikanischen Städten über 50 000 Einwohner etwa 65 und erhebt sich bis zu 264. Ist dieser grosse Unterschied auch wohl mit auf andere Ursachen zurückzuführen, so wissen wir doch aus den früheren Zuständen in deutschen Städten (Danzig, München, Breslau u. s. w.), welchen Antheil eine mangelhafte Beschaffenheit des Trinkwassers an der Typhussterblichkeit haben kann. Bemerkenswerth ist die Art, in welcher Hazen seine Landsleute auf den enormen Schaden aufmerksam macht, der ihnen durch den Typhus an ihrem Nationalvermögen erwächst. Er greift zu diesem Zwecke die Stadt Chicago heraus, in welcher sich die Zahl der Todesfälle an der genannten Krankheit in Folge der Entnahme von ungefiltertem Wasser aus dem Michigan-See in der Nähe der Mündungen der Schmutzwässerkanäle 1891 auf 1997 gesteigert hatte (seitdem ist die Ziffer durch Verlegung der Entnahmestelle auf etwa $\frac{1}{3}$ herabgegangen). Da vorzugsweise das kräftigste Lebensalter durch den Typhus heimgesucht wird, so stellt Hazen für jeden Todesfall einen Betrag von 5000 Dollars in Rechnung und gelangt so zu einem Gesamtverlust von

10 000 000 Dollars im Laufe eines einzigen Jahres, ungerechnet die Kosten für 15 000 Erkrankungsfälle. Jene 10 000 000 Dollars würden aber bereits zur Ausführung einer Filteranlage für Chicago hingereicht haben.

Bei der Verarbeitung des umfangreichen Materials, welche mit Geschick und grosser Sachkenntniss erfolgt ist, legt der Verfasser — entsprechend dem heutigen Stand der Wissenschaft — ein besonderes Gewicht auf die Rolle, welche die Bakteriologie bei der Reinigung des Wassers durch Sandfilter spielt, wobei ihm seine fünfjährige Thätigkeit an der Versuchsstation zu Lawrence in Massachusetts besonders zu statten kommt. Die deutschen Untersuchungen, beispielsweise diejenigen von Piefke und Fränkel, erfahren dabei die vollste Würdigung, aber auch wichtige Ergänzungen auf Grund eigener Versuche; zugleich ist ein Abschnitt über die Wirkungsweise der bisher noch selten angewandten, intermittirenden Filtration auf Grund einer Ausführung in Lawrence beigelegt. Nicht weniger gründlich sind die Kapitel über Filtermaterial, über die Höhe des Druckverlustes bei der Bewegung des Wassers durch die unteren Schichten und Sammelkanäle des Filters, über die zulässige Arbeitsgeschwindigkeit desselben und ihre Regulierung. Ueberall hat der Verfasser selbst beobachtet und motivirt es stets in eingehender Weise, wenn sein Urtheil von der üblichen Anschauung abweicht. — Dass das Chemnitzer Wasserwerk eine nähere Besprechung erfahren hat, ist der Anwendung der natürlichen intermittirenden Filtration des Zwönitzwassers (die einzige Anlage dieser Art, welche der Verfasser nach seiner Angabe in Deutschland u. s. w. gefunden hat) zu verdanken, vielleicht aber auch dem Umstand, dass Mr. Hazen den Sommer 1894 in Dresden zubrachte, um unter anderen auch an der hiesigen technischen Hochschule Studien zu treiben.

Da unseres Wissens die deutsche Literatur ein Werk, welches sich ausschliesslich mit Filteranlagen befasst, nicht besitzt, dasjenige von Kirkwood (übersetzt 1876 von Samuelson) aber schon veraltet ist, so möchten wir eine Uebersetzung des trefflichen Buches anregen. Eine solche dürfte wegen der eingehenden Berücksichtigung deutscher Verhältnisse und bei dem Interesse, welches in Deutschland den Filteranlagen nicht blos von dem Wasserleitungsingenieur, sondern auch von dem Hygieniker, sowie von dem Betriebs- und Verwaltungsbeamten entgegengebracht wird, voraussichtlich auf Erfolg zu rechnen haben. A. F.

Die Verbesserung der Wasserverbindungen Berlins mit dem Meere. Eine zeitgemässe Studie von Max Contag, Regierungs-Baumeister. Berlin 1895. Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn.

Der Gedanke, Berlins Wasserverbindungen mit dem Meere zu verbessern, ist nicht neu: schon im Jahre 1878 veröffentlichte Strousberg seinen grossartigen Plan zu einem Seekanal Hamburg-Berlin-Stettin, welcher freilich nunmehr durch den Nord-Ostsee-Kanal gegenstandslos geworden ist. Elf Jahre später erschien vom Vize-Admiral Batsch in der Deutschen Revue ein Aufsatz „Das erste Seeschiff in Berlin“, in welchem ein Seekanal Berlin-Eberswalde-Schwedt-Stettin empfohlen wurde. Die erste werth-

volle technische Beleuchtung der Frage eines Berliner Seekanals ist jedoch Herrn Germelmann zu verdanken, welcher im Zentralblatt der Bauverwaltung 1891 unter dem Titel „Ein Seekanal nach Berlin“ den Aufsatz des Herrn Batsch einer Kritik unterwarf mit dem Ergebniss, dass, wenn auch ein Seekanal Berlin-Stettin technisch ausführbar sei, als Ausgangspunkt eines Seekanals die Nordsee mit dem Vorhafen Hamburg der naturgemässeste sei, weil dem überseeischen Verkehr die Nordsee, nicht die Ostsee, diene.

Herr Germelmann hat sich aber nur mit dieser Empfehlung einer Wasserstrasse Berlin-Hamburg begnügt, ohne dieselbe, ebenso wie er dieses bei Berlin-Stettin gethan, einer technischen Prüfung zu unterziehen. Letzteres thut nun Contag in seiner Schrift und kommt dabei zu dem bemerkenswerthen Ergebniss, dass der um 100 km längere Seekanal nach Hamburg mit 300 000 000 $\mathcal{M}$ Herstellungskosten (ohne den Berliner Hafen) das doppelte eines solchen nach Stettin kosten würde, abgesehen davon, dass noch mit einer Vertiefung der Elbe gerechnet werden müsste, deren Möglichkeit anzuzweifeln sei. Dieses Ergebniss hat Contag dazu geführt, dem Gedanken der Herstellung einer Grossschiffahrtsstrasse Berlin-Stettin mittels des Ausbaues eines Oder-Havel-Kanals näher zu treten. Contag setzt dabei allerdings voraus, dass durch den Nord-Ostsee-Kanal in Verbindung mit der geplanten Erweiterung der Stettiner Hafenanlagen ein grosser Theil des jetzigen Hamburger Seeverkehrs sich Stettin zuwenden wird — vorausgesetzt, dass letzteres durch eine leistungsfähige Wasserstrasse mit Berlin verbunden sein wird. Unter dieser Voraussetzung nimmt er auf Grund statistischer Ermittlungen an, dass sich dem-

nächst auf einer leistungsfähigen Wasserstrasse Berlin-Stettin ein jährlicher Güterverkehr von etwa 2 500 000 Tonnen entwickeln wird. Da aber ein solcher Verkehr die Anlage eines Seekanals wirthschaftlich nicht rechtfertigen würde, so sei die Ausführung eines solchen einer späteren Zukunft zu überlassen und zunächst die Herstellung eines grossen Binnenschiffahrtskanals Berlin-Stettin mit einer Zentral-Hafenanlage in Berlin, welchem aber von vornherein die Erweiterungsfähigkeit zu einem Seekanal gewahrt werden müsse, zu erstreben. Contag schlägt vor, diesem Kanal bei einer Tiefe von 3,50 m, einer Sohlenbreite von 20 m und einer Spiegelbreite von 36 m einen Wasserquerschnitt von 100 qm zu geben.

In einem besonderen technischen Theile wird dieser Kanal eingehend erörtert.

Die von sehr grossem Geschick und absoluter Beherrschung des Stoffes zeugende Contag'sche Schrift wird nicht verfehlen, die Aufmerksamkeit der beteiligten Behörden und Kreise wachzurufen und ist als eine höchst werthvolle Bereicherung der technischen Litteratur zu bezeichnen.

Engels.

Zeitschrift für die gesammte Kälte-Industrie. Unter Mitwirkung hervorragender Gelehrter und Praktiker herausgegeben von Ingenieur H. Lorenz. Verlag von R. Oldenbourg in München und Leipzig.

Im Januar dieses Jahres ist das 12. Heft der Zeitschrift für die gesammte Kälte-Industrie erschienen und damit der erste Jahrgang dieser Zeitschrift zum Abschluss gekommen. Die Prüfung, ob und inwieweit derselbe dem beim Erscheinen des ersten Heftes dargelegten Programme: „nicht bloss den augenblicklichen Stand, sondern auch alle Fortschritte der Kälteindustrie in Theorie und Praxis im weitesten Sinne und unter Zuhilfenahme umfassender illustrativer Hilfsmittel zur Darstellung zu bringen“, Genüge leistet, kann unter Berücksichtigung der Neuheit des Unternehmens im Allgemeinen als bestanden bezeichnet werden.

Die neue Zeitschrift bildet ein schätzbares Mittel zur Förderung der Interessen der gesammten Kälteindustrie Deutschlands. Der Inhalt ist für die scheinbare Beschränktheit des Gebietes ein ausserordentlich vielseitiger. Theoretische Untersuchungen und die Mittheilung praktischer Erfahrungen ergänzen sich gegenseitig und vermitteln dem Interessenten einen Ueberblick über die Fortschritte, welche die Neuzeit auf dem Gebiete der Kälteerzeugung und Kälteverwerthung gebracht hat. Besonderen Nutzen versprechen die mehr-

fachen ausführlichen Mittheilungen von Untersuchungen an Kältemaschinen und Kühlanlagen. Belegen solche Untersuchungen, wenn mit wissenschaftlicher Genauigkeit und Vollständigkeit durchgeführt, einerseits die Verwendbarkeit bestimmter Konstruktionen und Anordnungen, so sind sie zugleich am besten geeignet, Fehler aufzudecken, die zuweilen derartigen Anlagen anhaften. Eine vollständige und freimüthige Veröffentlichung solcher Versuchsergebnisse ist daher immer mit Dank zu begrüssen und von Nutzen begleitet.

Auch die zeichnerische Ausstattung ist im Grossen und Ganzen eine gute. Die Figuren sind meist klar gezeichnet und lassen das zur Darstellung gebrachte bis in die Einzelheiten sicher erkennen. Eine reichhaltige Bücherschau und kurze Vorführung aller auf dem Gebiete auftauchenden neuen Erfindungen, hebt den Werth der Zeitschrift und lässt zu grosse Umfänglichkeit derselben vermeiden, sodass auch ihr Preis (16 $\mathcal{M}$ für den Jahrgang) ein mässiger genannt werden darf.

A. F.

Eisenbahnbrücke über die Ruhr bei Hohensyburg, deren Einsturz in Folge des Hochwassers vom Jahre 1890 und ihre Wiederherstellung. Von Breuer, Regierungsbaumeister in Hagen. Berlin 1895. Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn. 4,00 $\mathcal{M}$.

Die kurz unterhalb des Zusammenflusses von Ruhr und Lenne erbaute zweigleisige Eisenbahnbrücke leidet an dem Hauptübel eines unzureichenden Durchflussquerschnitts für Hochwasser. In Folge dessen verursachte das aussergewöhnliche Ruhr-Hochwasser vom 24. November 1890, welches sich unter schiefem Winkel gegen das linke Vorland warf, eine so tiefgehende Auskolkung desselben, dass der hier befindliche erste Strompfeiler unterwaschen und zum Umstürzen gebracht wurde.

Die vorläufige Betriebsfähigkeit für ein Gleis wurde Dank der Thatkraft und Umsicht der Bauleitung bereits am 1. Februar 1891 ermöglicht, trotz der sehr grossen Schwierigkeiten, welche der überaus strenge Winter den Arbeiten bereitete. Binnen Jahresfrist konnte die Wiedereröffnung des zweigleisigen Betriebes erfolgen.

Als besonders bemerkenswerth ist hervorzuheben, dass auch bei diesem Brückeneinsturz die vom Berichtstatter durch Modellversuche

nachgewiesene Gefahr der Auskolkung stromaufwärts der Pfeiler voll bestätigt worden ist. Mit der bis zum, ja bis über Mittelwasser hinaufreichenden Steinpackung der Strompfeiler, welche man behufs erhöhter Sicherung derselben gegen Unterspülung nachträglich ausgeführt hat, kann sich Berichterstatte nach wie vor nicht

einverstanden erklären. Nach diesseitigem Dafürhalten würde es besser gewesen sein — gerade weil es an Durchflussschnitt mangelt — die Steinpackungen nicht über die Flusssohle hinaus zu erhöhen, dafür aber in das Flussbett hinabzuführen. Engels.

Denkschrift über die aus Anlass der Ueberschwemmung im Jahre 1882 in den Jahren 1883—1893 ausgeführten Wildbach-Verbauungen in Tirol. Mit 20 lithographirten Tafeln. Wien 1895. Spielhagen & Schurich. Preis 6 M.

Aus Anlass der durch die ausserordentlich grossen Herbsthochwässer des Jahres 1882 im Etsch-Gebiet angerichteten Schäden — dieselben wurden ausschliesslich der grossen Verluste an Ernte auf rund 40 000 000 M abgeschätzt — brach sich die Ueberzeugung Bahn, „dass zur Hintanhaltung von Wiederholungen ähnlicher Katastrophen eine durchgreifende Regulirung der Gewässer Platz greifen müsse, dass aber die dadurch gestellte Aufgabe nur dann als entsprechend gelöst anzusehen sein wird, wenn die Regulirungsaktion auf sämtliche Flüsse und Wildbäche des vom Hochwasser betroffenen Landestheiles ausgedehnt und als einheitliches Ganze durchgeführt werde, ferner, wenn Hand in Hand mit den Regulirungsarbeiten diejenigen forestalen Massnahmen zur Durchführung gelangen, welche eine Verbesserung der forstlichen Verhältnisse des Landes mit Erfolg erwarten lassen.“

Zur Durchführung dieser zum Beschlusse erhobenen Anträge wurden aus Staatsmitteln 6 800 000 fl., aus Landesmitteln 2 523 200 fl. bewilligt und die Ermächtigung ertheilt, die Beitragspflicht der Interessenten im Wege der Landesgesetzgebung zu regeln.

Bemerkenswerth ist, dass die Verbauungsarbeiten an den Wildbächen den Forsttechnikern, die Arbeiten an den

Hauptgewässern aber (Flussregulirungen) den Bautechnikern zufielen.

Die Wahl der Baumaterialien richtete sich nach den örtlichen Verhältnissen. Dadurch war der Bevölkerung die Möglichkeit geboten, die von derselben verlangten Beiträge in einer minder empfindlichen Weise zu leisten.

Bei der Anlage der Verbauungen ist niedrigen Querwerken stets der Vorzug eingeräumt worden: hohe Sperren gelangten nur dort zur Ausführung, wo ihre Errichtung aus technischen Rücksichten nothwendig erschien.

Den für die Wildbachverbauung wichtigen Entwässerungen sowie den Bodenbefestigungs- und Aufforstungsarbeiten wurde besondere Aufmerksamkeit und Sorgfalt zugewendet. Die Steinbauten wurden vorherrschend in Trockenmauerwerk hergestellt. Nur wo für letzteres geeignete Steine nicht zur Verfügung standen, fand Zementmauerwerk Anwendung.

Die nach vorstehenden Grundsätzen ausgeführten Schutzbauten sind nach den Thal- bez. Wildbach-Gebieten geordnet aufgeführt und durch treffliche Zeichnungen erläutert. Die im Anhang mitgetheilten gesetzlichen Verordnungen sind für den Verwaltungsbeamten und Baumeister von Werth und beanspruchen ein allgemeines Interesse. Engels.

Der Hafen von Harburg. Berlin 1895. Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn.

Der nicht genannte Verfasser — wir vermuthen Herrn Wasserbauinspektor Narten als solchen — giebt in höchst anregender und anschaulicher Weise ein erschöpfendes Bild über die auch geschichtlich sehr interessante Entwicklung

des Harburger Hafens. Wir können die mit guten Abbildungen versehene Schrift den Interessenten-Kreisen aufs Wärmste empfehlen. Engels.

I. Angelegenheiten des Vereins.

Fehlen.

II. Vorträge und Abhandlungen.

Das Fachwerk mit künstlich gespannten Gliedern.

Ein besonderer Fall des zusammengesetzten Balkenfachwerks.*)

Von

A. Zschetzsche in Nürnberg.

Zweck und Erzeugung künstlicher Spannungen.

Einzelne Formen des einfachen Balkenfachwerks, wie der Parabel- und Pauliträger, zeigen in häufigen Fällen die Anordnung von sich kreuzenden, schlaffen Schrägen, die im Verein mit steifen Pfosten die Wandausfüllung bilden. Die gleiche Anordnung wird auch bei anderen Arten des einfachen Balkenfachwerks innerhalb der sogenannten Wechselstrecke getroffen.

Die zuvörderst genannten Trägerformen besitzen für Vollbedeckung mit gleichmässig vertheilter Last keine Kräfte in den Schrägen, können also nach Zusammenschluss der Gurtungen und Befestigung der Pfosten freihängig werden, und es geschieht die Einbindung der Schrägen, um ihrem Durchschlagen vorzubeugen, bei Freilagerung der ihre volle ständige Last tragenden Wände. Die vorkommenden Abweichungen von der theoretischen Gestalt des Pauliträgers haben kleine Zugkräfte in den gegen Mitte fallenden Schrägen bei ständiger Last zur Folge; in solchen Fällen ist selbstredend die genannte Stablagerung vor Freihängigkeit der Brücke mit einzubinden.

Bei den anderen Trägerarten, die wir mit (gegen Mitte fallenden) schlaffen Hauptschrägen und steifen Pfosten ausgebildet denken, sind die ersteren unter gleichmässig vertheilter Vollast durchgängig gezogen; die Freihängigkeit der Brücke kann also vor Einbindung der in der Wechselstrecke einzustellenden Gegenstreben erfolgen.

Bei den Trägern, deren Höhen dem Verlauf der grössten Biegemomente entsprechen (Parabel- und Pauliträger), pflegt man die Schrägen in Anfangsspannung zu

versetzen, da die Erfahrung lehrte, dass sich ungespannte Bänder, welche bei Fertigstellung der Brücke gerade waren, nach längerer oder kürzerer Betriebszeit durchgeschlagen zeigten. Die gleiche Bedachtnahme wird bei Einbindung der Gegenstreben in anderen Trägerformen geübt.

Die Mittel, welche man behufs Erzeugung von Anfangsspannungen anwandte, waren in der Mehrzahl der Fälle ganz rohe, und man gab sich hinsichtlich der Grösse des künstlich ertheilten Zuges keine oder nur ungenügende Rechenschaft. Das Maass, um welches die Anschlussloche der Bänder zum Zwecke ihrer Anspannung gegen die Loche in den Gurten zurückgesetzt wurden, war häufig genug der Willkür des mit der Aufstellung der Brücke Betrauten überlassen; dass hierbei nur zu oft Verletzungen der Loche vorkamen, indem der Anzug mit Hilfe von Spitzdornen geschah, werden Fachgenossen bestätigen müssen.

Es ist daher als Fortschritt zu begrüssen, dass Bezirksingenieur Ebert der bayerischen Staatsbahnen Mittel und Verfahren zur Ausbildung brachte, die es ermöglichen, schlaffen Füllungsgliedern ohne Schädigung ihrer Anschlüsse künstliche Spannungen zu ertheilen und diese in ausreichend verlässiger Art zu bemessen. Als Sonderfachmann bei Erstellung und Ueberwachung der Eisenbrücken der bayerischen Staatsbahnen thätig, war es eine seiner ersten Aufgaben, das Verhalten der älteren Brücken, vor Allem der seit mehreren Jahrzehnten im Betriebe befindlichen Paulibrücken zu beobachten. Es zeigten die Schrägstäbe dieser Brücken beinahe durchgängig Ausbiegung gegen Wandebene, was zur Folge hatte, dass beim Befahren ein Schnellen der Bänder vor sich ging. Diese Erscheinung wirkte in einer ungünstigen und stetig wachsenden Art auf die Bänder und ihre Befestigungsmittel und steigerte überdies die Formänderung der ganzen Brücke.

Das Schlaffwerden von ursprünglich richtig abgelängten Bändern ist in vielen Fällen beobachtet worden und erscheint durch die bleibende Senkung der Träger bei erst-

*) Unter Balkenfachwerk ist ein auf zwei Stützen freiliegendes, gegliedertes Tragwerk beliebiger Gestalt zu verstehen. Das einfache Balkenfachwerk zeigt, da es aus den zur Tragfähigkeit nothwendigen Gliedern allein gebildet ist, statische Bestimmtheit; das zusammengesetzte Balkenfachwerk ist in Folge Hinzutretens überzähliger Glieder statisch unbestimmt.

maliger Belastung nicht genügend erklärt; es dürften vielmehr allmähliche Aenderungen der elastischen Eigenschaften des Materials vorliegen und soll im Folgenden der Versuch einer Erklärung dieses Vorganges unternommen werden.

Ein schlaffes Füllungsglied, das keine oder eine unzureichend bemessene Anfangsspannung besitzt, wird sich in bestimmten Fällen, die von der Belastungsart und Lage des Stabes abhängen, durchschlagen müssen. Findet hierauf folgend Zugspannung statt, so tritt die Stabkraft — da sich die dem Stabe entsprechende geometrische Achslänge bei seinem Durchschlagen verringert hatte — mit einer Geschwindigkeitshöhe ein, die um so grösser ist, je mehr sich die Achslänge vorausgehend verkürzt hatte. Es findet also ein dynamischer Angriff statt, der unter ungünstigen Umständen Beanspruchung über die ursprüngliche Elastizitätsgrenze zur Folge haben kann. Eine Ueberschreitung der Elastizitätsgrenze führt aber eine bleibende Längenänderung (Verlängerung) herbei und im Weiteren erhöhte dynamische Angriffe, wonach eine allmähliche Verschlechterung des Zustandes, in welchem sich Stab und Brücke befinden, begreiflich erscheint.

Im Uebrigen sei auf die Erfahrungssätze hingewiesen, die Bauschinger in den Mittheilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium der technischen Hochschule in München, XIII. Heft, S. 19, 24 und 34, ausspricht und die sich auf die möglichen elastischen Veränderungen eines Materials beim Ueberschreiten seiner Elastizitätsgrenze (gleichsinniger und wechselnder Angriff) beziehen.

Das Schnellen der Bänder und die hierbei entstehenden Streckungen derselben werden vollständig vermieden, wenn diese Stäbe solche Anfangsspannungen erhalten, dass im ungünstigsten Falle die gesamte Stabkraft — dem Drucksinn entsprechend — Null wird, oder wenn eine überschüssige Zugkraft verbleibt. Mehrjährige Beobachtungen an Brücken mit derart angespannten Schrägen haben durchaus befriedigende Ergebnisse geliefert.

Die Mittel und Verfahren, welche Bezirksingenieur Ebert beim Anspannen von Schrägen benutzte, waren je nach der Sachlage — Beschaffenheit der Schrägenanschlüsse, Grösse der auszugleichenden Fehllänge und des einzutragenden Zuges — verschiedenartig.

Wir beginnen mit der Darlegung der Spannarbeiten bei den alten Paulibrücken der bayerischen Staatsbahnen. Die hier besonders starken Ausbiegungen der Bänder waren theilweise die Folge einer fehlerhaften Ausbildung der oberen Knotenpunkte, welche darin wurzelte, dass für die Uebertragung der Tangentialkräfte bei der oberen Gurtung schlecht gesorgt war. Es zeigt Fig. 1 Ansicht und Querriss eines dieser Knotenpunkte — Mainbrücke bei Kitzingen, 1. Gleis —, wozu wir erläuternd bemerken, dass die Uebertragung der Tangentialkräfte ursprünglich durch Vermittelung des Querbleches geschah, das den Pfosten und die Paare der beiderseitigen Anschlusswinkel durchsetzt. Dass diese Art der Uebertragung eine sehr unvollkommene war, leuchtet sofort ein, wenn an den geringen seitlichen Biegungswiderstand des (zudem zweitheiligen) Querbleches und der Winkelflanschen, der hierbei thätig sein musste, gedacht wird.

Der Vorgang des Schnellens erfolgte hier örtlich mit solcher Gewalt, dass sich die Bänder im Laufe der Zeit bis auf ein Drittel des Durchmessers ihrer Anschlussniete in diese eingearbeitet hatten; hält man sich die durch Jahrzehnte bestandene ursprüngliche Ausbildung der oberen Knotenpunkte gegenwärtig, so befremdet die letztere An-

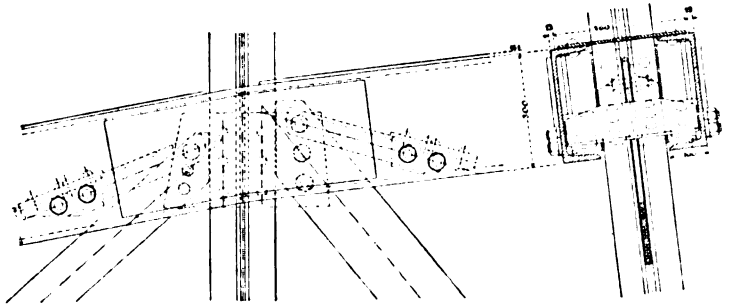


Fig. 1.

gabe keineswegs. Es kamen auch Fälle thatsächlichen Abreissens von Bändern vor, was nach dem bekannten Verhalten von Probestäben mit natürlicher oder wenig geänderter Elastizitätsgrenze ganz unmöglich wäre, wenn sich nicht — wie wir früher ausführten — die elastischen Eigenschaften des Stabmaterials allmählich geändert hätten.*) In den Fällen von Stabbrüchen wirkten die obere Gurtung des Pauliträgers als Bogen, die untere als Spannband, und es war der bedeutenden Steifigkeit der ersteren zu danken, dass bei dieser Wirkungsweise nicht der Einsturz der Brücke erfolgte.

Der künstlichen Anspannung der Schrägstäbe musste selbstredend die Beseitigung des erwähnten Konstruktionsmangels vorangehen; es geschah dies in der bei Fig. 1 ersichtlichen Art. Das zur unmittelbaren Befestigung der Schrägen dienende Knotenblech wurde jederseits von einem Winkelpaar gefasst, und es wurden diese Letzteren durch Anordnung von Querblechen, welche mittelst kurzer Winkelstücke an die Gurt-Eisen anschlossen, mit den Gurtungen in Verbindung gebracht; überdies entfernte man die Anschlussniete der Schrägen, um sie nach Ausreiben der Loche durch konische Bolzen zu ersetzen. In der angegebenen Art wurde die Rekonstruktion der oberen Knotenpunkte aller älteren Paulibrücken durchgeführt, und sie hat sich, da die Uebernahme der Tangentialkräfte nunmehr ohne nachtheilige Bewegungen des Knotenbleches erfolgen konnte, ganz gut bewährt. Unten war der Anschluss der Knotenbleche an den (liegenden) Streifengurt ursprünglich mittelst Zinken bewirkt, welche in ein mit dem Gurt vernietetes Uebertragungsblech eingriffen. Hier konnte sich die Rekonstruktion auf das Anbringen eines Anschlusswinkelpaares für das Knotenblech und das Nachnehmen der verzogenen Loche beschränken.

*) Die Zerreißdehnung eines Eisenstabes mit natürlicher Elastizitätsgrenze ist ja eine so beträchtliche, dass beim Bruch einer Schräge nothwendig der Zusammenhang des ganzen Tragwerks hätte aufhören müssen, auch wenn — bei Ausfall einer Schräge — die Möglichkeit einer anderen Tragwirkung vorlag.

Da die Schrägen der alten Paulibrücken einen in der Regel sehr beträchtlichen Längenausgleich erforderten, konnte schon aus diesem Grunde mit Nacharbeit an den Anschlusslöchern allein die Fehllänge nicht beseitigt werden; zudem zeigten sich diese Löcher gedehnt und es führte ihre Berichtigung an sich schon zu grossen Bolzenstärken. Es musste also die Beseitigung der Fehllängen und die Anspannung der Bänder von den Anschlussstellen unabhängig erfolgen.

Die statische Berechnung ergab bei den gegen Mitte

dieser Letzteren, wobei die eingetragenen Züge mittelst einer hydraulischen Waage gemessen wurden, konnte die Trennungsstelle Laschen erhalten und die Bohrung und Verbolzung daselbst vorgenommen werden.

Die Beseitigung der Fehllängen und die Anspannung der Gegenschrägen erfolgte in etwas anderer Art. Auf die Brücke wurde ein Belastungszug gefahren und soweit vorgeschoben, bis bei einem der Bänder die grösste Verdrückung bezw. Ausbiegung eintrat; sodann kreuzte man an passender Stelle des Stabes einen Querstreifen aus und

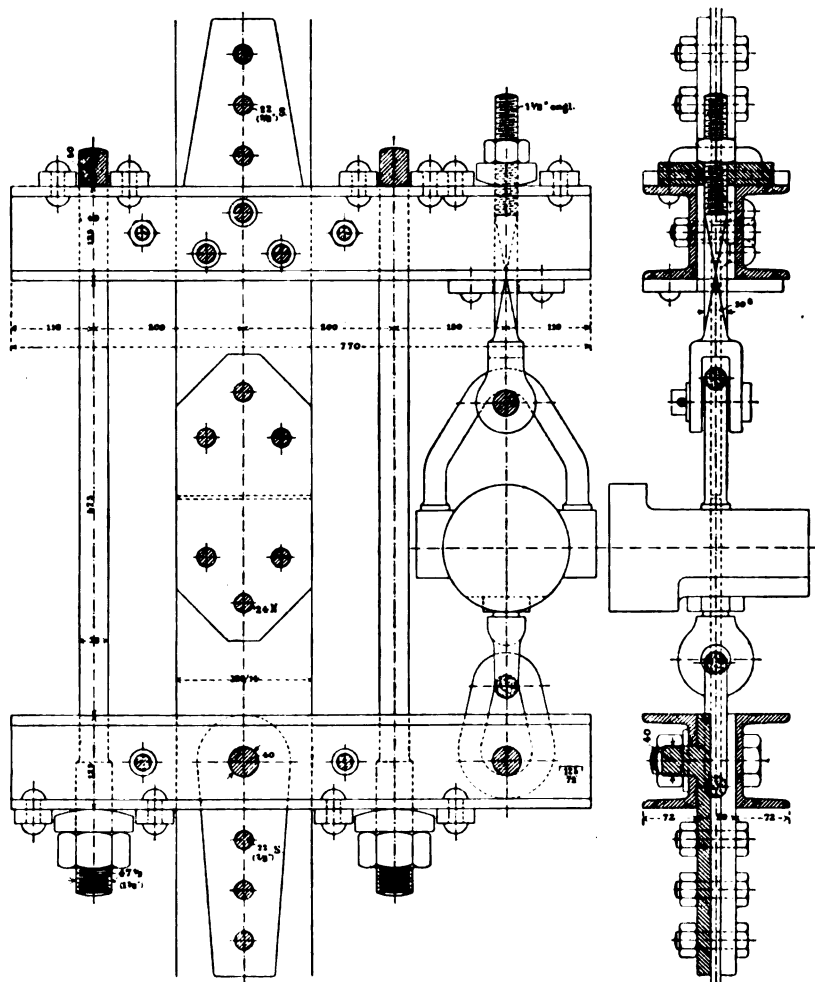


Fig. 2.

fallenden Bändern für ständige Last durchgängig kleine Zugkräfte, die aber wegen der Ausbiegung dieser Stäbe nicht zur Wirkung kamen; an ihrer Stelle war der Biege- widerstand der Obergurte (wohl auch jener der Bahnlängs- träger) thätig. Die erste Arbeit bestand also darin, die genannten Kräfte mit ihren rechnermässigen Werthen wieder herzustellen. Zu diesem Behufe wurden die gegen Mitte fallenden Bänder — die wir wegen ihrer Zugkräfte unter ständiger Last als die Hauptschrägen ansehen müssen — nacheinander an passender (mittlerer) Stelle durchkreuzt und mit Bohrlochen zur Befestigung einer Spannvorrichtung (s. Fig. 2) versehen. Nach Anbringung und Bethätigung

versah den Stab jederseits dieser Trennungsstelle mit Bohr- löchern zur Befestigung der Spannvorrichtung (Fig. 2). Mit Hilfe dieser Letzteren konnten jetzt die beiden Theile der Schräge gegeneinander gezogen und dieser — mithin auch dem Hauptstabe — noch ein zusätzlicher Zug mitgetheilt werden; es folgte weiter die Zulage der Stosslaschen, die Bohrung und Verbolzung daselbst.

Jene Stellung des Belastungszuges, welcher die grösste Verdrückung der Gegenschräge entsprach, bewirkt aber den grössten Zug im Hauptstabe des nämlichen Faches; wird also bei jener Laststellung die Gegenschräge spannungslos, jedoch genau einpassend geschlossen, so ist nach Entfernung

des Belastungszuges in beiden Stäben ein künstlicher Zug vorhanden, welcher zu Folge der Gestalt des Pauliträgers dem halben Betrage der — jener Belastung entsprechenden — grössten Schrägenkraft des Faches gleichkommt. Mit Bezug auf die Schrägen eines Faches giebt es aber zwei ungünstigste Stellungen des Belastungszuges, von denen — nach Durchführung der Spannarbeit — die eine den Zug des Hauptstabes zum Höchstbetrage bringt und jenen des Gegenstabes auf Null herabwirft. Bei der anderen Stellung des Lastenzuges wechseln beide Schrägen die Rolle als höchst- und mindestgespannter Stab. Eine mittelst der Spannvorrichtung eingetragene zusätzliche Kraft tritt in beiden Schrägen mit ihrem ganzen Betrage auf und verbleibt im Falle der grössten Verdrückung der Gegenschräge in ihr als restlicher Zug.*)

Bei der praktischen Wichtigkeit des in Rede stehenden Gegenstandes erscheint eine nähere Besprechung der Spannvorrichtung, die bei notwendiger Stabtrennung zur Verwendung kam, angezeigt. Sie besitzt (vergl. Fig. 2) ein oberes Querhaupt, das mit einem Anschlusslappen fest vernietet ist, und ein unteres Querhaupt, welches jedoch um den Zapfen des dortigen Anschlusslappens drehbar erscheint. Die Lagerung der Spannschrauben ist eine derartige, dass geringe Winkelbewegungen unbehindert bleiben. Zur Messung des eingetragenen Zuges diente eine hydraulische Waage mit Glycerin als Druckflüssigkeit. Das Auswägen des mit der Spannvorrichtung eingetragenen Zuges geschah in der Art, dass mit Hilfe der Waage die ihr nachbarliche Spannschraube ausser Wirkung gebracht wurde; der herrschende Zug konnte dann aus der Ablesung am Manometer und aus der Stellung der Waage und der tragenden Spannschraube zu einander und zum Schrägstabe abgeleitet werden.

Eine im Prinzip verwandte Vorrichtung könnte zum Auswägen der Auflagerdrücke von Brücken bei bewegter Last benutzt werden, um hierdurch zu Schlüssen über die dynamische Wirkung dieser Letzteren zu gelangen; Bezirksingenieur Ebert hegt die Absicht, diesem wichtigen und in seiner praktischen Erforschung kaum berührten Gegenstande in der beregten Art näherzutreten.

Ein anderer und einfacherer Vorgang konnte bei neuen Brücken des Systems Pauli und bei den Gegenstreben anderer, neuerstellter Brückenkonstruktionen zur Anwendung gebracht werden, da hier nur geringe Ueberlängen auszugleichen waren. Es wurden die Stäbe der Gegenlage an einem Ende mittelst Bolzen angeschlossen, wobei ein kleinerer als der planmässige Durchmesser zu wählen war. Da die Brücke im Uebrigen vollständig fertiggestellt war, konnte durch Auffahren eines entsprechenden Belastungszuges bei einem dieser Stäbe die grösste Verdrückung, bezw. bei Freigabe der gebolzten Anschlussstelle die grösste gegenseitige Verschiebung der Loche in Gurt und Schräge erzeugt werden. Um bei diesem Verfahren eine seitliche Ausbiegung der Schräge hintanzuhalten, wurde sie vorausgehend mit beigeschraubten

Holzbalken ausgesteift; die freigegebene Anschlussstelle war mit einer oder zwei Heftschrauben — bei Rücksichtnahme auf die Verschiebung der Loche — zu binden. Nach Einstellung des Belastungszuges wurde in einem der sich nun nicht mehr deckenden Loche eine Spannvorrichtung eingeführt und angezogen; wir bilden diese Letztere mit Fig. 3 in zwei üblichen Ausführungsarten ab und bemerken, dass dieselbe bereits von Gerber benutzt worden ist.

Die frei gebliebenen Loche der Anschlussstelle wurden ausgerieben, worauf die Einbringung von ein oder zwei passenden konischen Bolzen geschah, um endlich auch jenes Loch, in welchem die Spannvorrichtung eingesetzt war, nachnehmen zu können. Die Anspannung mit der Vorrichtung Fig. 3 geschah so weit, dass der nach Ausreiben sämtlicher Loche zur Probe freigemachte Stab gegen die Loche des Knotenbleches etwas zurücksprang; hiernach blieb eine überschüssige Zugkraft im Stabe, wenn die seinem Drucksinn entsprechende ungünstigste Belastung eintrat.

Noch einige Worte zur Erläuterung der letztangegebenen Spannvorrichtung. In der einen Ausbildung besteht dieselbe aus zwei muldenförmigen Stahlblechen, an welche ein seitlicher Anschlag angenietet ist; das eine dieser Bleche trägt zudem ein ebenfalls mit Nieten befestigtes Beilagstück — einem Bohrloch des Knotenbleches entsprechend — indess das andere Blech mit zwei solchen Beilagen — zu den Bohrlochen des Schrägstabes passend — versehen ist; die Dicke dieser Beilagen ist bei beiden Theilen die gleiche und entspricht der Grösse des beabsichtigten Anzuges, welcher durch Eintreiben eines schlanken konischen Dornes bewirkt wird. In der zweiten Ausbildung sind die gegen die Lochwandungen drückenden Theile massiv und durch Abdrehen erzeugt. Aus einem Stahlstück werden zwei, dem vorläufigen Durchmesser der Anschlussloche entsprechende Bolzen hergestellt, von denen der eine passend mit den Lochen der Schräge, der andere zusammenstimmend mit jenen des Knotenbleches gestuft ist. Beiden Bolzenstücken ist zudem ein seitlicher Anschlag angedreht und sie werden schliesslich nach der Längsrichtung entzweigefräst und mit zueinander geneigten Gegenflächen versehen. Zwei derart vorbereitete, verschiedene Bolzenhälften bilden im Verein mit einem Stahlkeil die Spannvorrichtung.

Unsere nächste Aufgabe wird die sein, den Berechnungsvorgang für Balkenträger mit künstlich gespannten Gliedern darzulegen. Es ist klar, dass ein Fachwerk, dessen gekreuzte, schlaife Schrägen eine solche Anfangsspannung erhielten, dass ein Anschlagen derselben ausgeschlossen ist, dass also stets sämtliche Stäbe wirksam werden, nicht mehr den Charakter eines einfachen Fachwerks besitzt, vielmehr als zusammengesetztes Fachwerk aufzufassen und zu berechnen ist. Die hiernit erwachsenden Schwierigkeiten der Berechnung werden noch dadurch vermehrt, dass die Stäbe der einzelnen Fache nacheinander in künstliche Spannung gebracht werden, dass sich also während der Anspannung die Anzahl der überzähligen Glieder verändert.

*) Die im Vorstehenden dargelegte Kräftewirkung wurde bei der Rekonstruktion der Paulibrücken der bayerischen Staatsbahnen zu Grunde gelegt, ist jedoch — wie es unsere späteren Erörterungen zeigen werden — nur als Annäherung zu verstehen.

Es wäre allerdings thunlich gewesen, die allgemeinen Gleichungen für die Berechnung der Kräfte in den überzähligen Gliedern des zusammengesetzten Balkenfachwerks unmittelbar anzusetzen. Wir hielten es jedoch für angebracht, die Herleitung dieser Gleichungen nach dem Verfahren Mohr's*) in flüchtigen Zügen wiederzugeben, um die Auffassung der späteren und schwierigen Ausführungen zu fördern und mit der hier gewählten Bezeichnungsweise vertraut zu machen. Es enthält somit der nächste Abschnitt in Kürze die Theorie des zusammengesetzten Balkenfachwerks, indess die weiteren Abschnitte deren Anwendung auf das Fachwerk mit künstlich gespannten Gliedern umfassen.

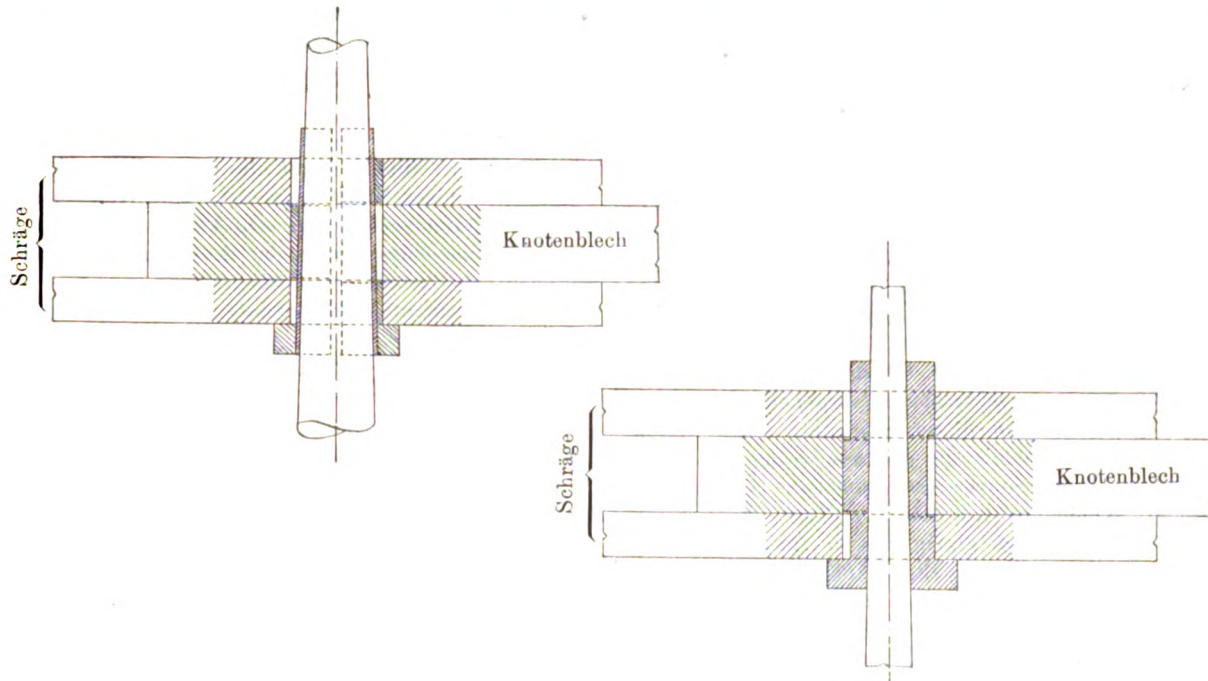


Fig. 3.

Das zusammengesetzte Balkenfachwerk im Allgemeinen.

Ändern sich die Stablängen eines Balkenfachwerks von beliebiger Form und Stützung in Folge äusserer Einwirkung allgemein um Δs , dann beträgt die Verschiebung y eines seiner Knotenpunkte in irgend einer Richtung

$$y = \sum \eta \cdot \Delta s \quad \dots \quad (1)$$

wenn mit η allgemein die Stabkräfte bezeichnet werden, welche in dem Fachwerk für den Angriff durch die Hilfskraft Eins in Richtung der fraglichen Verschiebung entstehen. Nimmt in einem besonderen Falle die Summe rechter Hand einen positiven Werth an, dann ging die Verschiebung im Sinne der Hilfskraft vor sich, wird sie negativ, dann ist der Sinn der Verschiebung jenem der Hilfskraft entgegengesetzt. Ist das beliebig gestaltete und gestützte Fachwerk ein zusammengesetztes, enthält es also überzählige Glieder, dann sind in der obigen Summe nur

zeitigen Angriff die Stabkräfte im einfachen Balkenfachwerk ermittelt, so ist klar, dass durch Bildung von $\sum \eta \cdot \Delta s$ mit diesen Werthen η die Änderung des Abstandes der Endpunkte des überzähligen Stabes, also dessen Längenänderung im zusammengesetzten Balkenfachwerk gewonnen wird. Wurden die Gegenkräfte Eins dem Zugsinn des überzähligen Stabes entsprechend gewählt, dann bedeutet ein positiver Wert von $\sum \eta \cdot \Delta s$ eine Verkürzung des Stabes, ein negativer eine Verlängerung desselben; und da wir, wie es üblich ist, Verlängerungen mit plus, Verkürzungen mit minus bezeichnen wollen, so haben wir, um die Längenänderungen der überzähligen Stäbe nach Sinn und Grösse zu erhalten, von $-\sum \eta \cdot \Delta s$ auszugehen.

Bezeichnen also allgemein a , bzw. β , γ , ... diejenigen Stabkräfte, welche in einem Fachwerk nach Beseitigung seiner überzähligen Glieder und dann erzeugt werden, wenn es durch die Gegenkräfte + Eins am Orte des überzähligen Stabes a , bzw. b , c , ... ergriffen wird, so gelten nach dem Vorstehenden für die Längenänderungen dieser Stäbe die Ausdrücke:

*) Mohr: Beitrag zur Berechnung des zusammengesetzten Balkenfachwerks, Zeitschrift d. hann. Ing.- u. Arch.-V. 1874.

$$\left. \begin{aligned} \Delta a &= \sum \alpha \cdot \Delta s, \\ \Delta b &= \sum \beta \cdot \Delta s, \\ \Delta c &= \sum \gamma \cdot \Delta s, \\ &\dots \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (2)$$

hierin sind die Summen nur auf die nothwendigen Glieder zu erstrecken.

Wird statt des Gleichungssatzes (2) die Aufschreibung

$$\left. \begin{aligned} 0 &= \sum \alpha \cdot \Delta s, \\ 0 &= \sum \beta \cdot \Delta s, \\ 0 &= \sum \gamma \cdot \Delta s, \\ &\dots \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (3)$$

gewählt, so umfassen die Summen sämtliche Stäbe des zusammengesetzten Balkenfachwerks, und es ist z. B. in der ersten Zeile für Stab $a \dots a = +1$, für Stab $b, c, \dots a = 0$ u. s. w. Der Gleichungssatz (3) giebt überhaupt den Zusammenhang zwischen den Längenänderungen der nothwendigen und überzähligen Glieder im zusammengesetzten Balkenfachwerk an und enthält nach seiner Herleitung so viele Ansätze, als das Fachwerk überzählige Glieder besitzt. Werden demnach die Längenänderungen Δs als Abhängige der Kräfte in den überzähligen Gliedern ausgedrückt und in (3) eingestellt, so ergeben sich die Bestimmungsgleichungen für die genannten Kräfte.

Die Längenänderungen der Glieder eines Fachwerks können aus der Belastung desselben hervorgehen, sie können aber auch unabhängig von dieser entstehen; im letzteren Falle bestehen drei Ursachen für die Aenderung der Stab-längen und zwar: Temperaturwechsel, künstliche Anspannung und fehlerhafte Ablängung von Stäben. Liegt ein einfaches Fachwerk vor, so erzeugt einzig dessen Belastung Stabkräfte; die anderen möglichen Einwirkungen ändern zwar die Gestalt des Fachwerks, haben jedoch auf dessen Stabkräfte keinen (oder nur verschwindenden) Einfluss. Beim zusammengesetzten Fachwerk dagegen beeinflussen im Allgemeinen alle eingeführten Einwirkungen die Grösse der Stabkräfte.

Beim Abtrennen der überzähligen Glieder ($a, b, c, \dots$) und Anbringen von deren Kräften $A, B, C, \dots$ an den Schnittstellen bleiben die Kräfte S der nothwendigen Glieder ungeändert; sie gehen jedoch in die Werthe $\mathfrak{S}$ des einfachen Fachwerks über, wenn mit den überzähligen Gliedern auch deren Kräfte beseitigt werden. Es besteht hiernach und zu Folge des Prinzips von der Addition der Wirkungen zwischen S und $\mathfrak{S}$ die allgemeine Beziehung

$$S = \mathfrak{S} + \alpha \cdot A + \beta \cdot B + \gamma \cdot C + \dots \quad (4)$$

wobei $\alpha, \beta, \gamma, \dots$ die angegebene Bedeutung haben. Der Ausdruck (4) kann jedoch bezüglich jedes beliebigen Stabes des zusammengesetzten Fachwerkes als gültig angesehen werden. Es ist nämlich für einen überzähligen Stab $\mathfrak{S} = 0$ und sind von den Kräften $\alpha, \beta, \gamma, \dots$ alle bis auf einen, welcher $+1$ ist, gleich Null, weshalb aus (4) für die überzähligen Glieder bezw. $S = A, B, C, \dots$ hervorgeht.

Der Kraft S entspricht eine Längenänderung des Stabes (Länge s , Vollquerschnitt F , Elastizitätsmodul E)

$$\Delta s = S \cdot r \dots \dots \dots (5)$$

wenn behufs Abkürzung

$$\frac{s}{FE} = r \dots \dots \dots (6)$$

gesetzt wird, und es gilt in gleicher Art wie (4) auch (6) für jeden beliebigen Stab des zusammengesetzten Balkenfachwerks.

Die Längenänderung $\Delta s'$ ist mit jener $\Delta s''$ zusammenzusetzen, die aus Temperaturwechsel bezw. durch beabsichtigte oder fehlerhafte Längenunterschiede hervorging. Ohne Rücksicht darauf, welches die Ursache des Entstehens von $\Delta s''$ ist, kann

$$\Delta s'' = \mu \cdot s \dots \dots \dots (7)$$

gesetzt werden, wobei die Werthe des Koeffizienten μ von einander unabhängig und im Allgemeinen verschieden sind.

Für den aus dem Temperaturwechsel stammenden Beitrag zu μ gilt der besondere Werth

$$\mu_t = \epsilon (t - t_0) = \epsilon \tau \dots \dots \dots (8)$$

hierin ist t_0 eine beliebige, gleiche Temperaturstufe bei allen Stäben, t die im Falle der Untersuchung vorhandene Temperatur eines Stabes — die im Allgemeinen für die einzelnen Stäbe verschieden sein kann —, $t - t_0$ also der Temperatureauschlag und ϵ der Ausdehnungskoeffizient des Stabmaterials für einen Wärmegrad.

Die gesammte Längenänderung eines Stabes ist also gleich:

$$\Delta s = \Delta s' + \Delta s''$$

und beträgt mit Einstellung der Werthe [Gl. (4), (5) und (7)]

$$\Delta s = \mu \cdot s + (\mathfrak{S} + \alpha A + \beta B + \gamma C + \dots) \cdot r \quad (9)$$

Die Einführung des letzten Ausdruckes in den Gleichungssatz (3) lässt die zur unmittelbaren Berechnung der Kräfte in den überzähligen Gliedern geeigneten Bestimmungsgleichungen entstehen:

$$\left. \begin{aligned} 0 &= \sum \alpha \mu s + \sum \mathfrak{S} \alpha r + A \cdot \sum \alpha \alpha r + B \cdot \sum \alpha \beta r + C \cdot \sum \alpha \gamma r + \dots, \\ 0 &= \sum \beta \mu s + \sum \mathfrak{S} \beta r + A \cdot \sum \beta \alpha r + B \cdot \sum \beta \beta r + C \cdot \sum \beta \gamma r + \dots, \\ 0 &= \sum \gamma \mu s + \sum \mathfrak{S} \gamma r + A \cdot \sum \gamma \alpha r + B \cdot \sum \gamma \beta r + C \cdot \sum \gamma \gamma r + \dots, \\ &\dots \end{aligned} \right\} (10)$$

Sind die Grössen $A, B, C, \dots$ für Belastung getrennt zu suchen, dann dienen hierzu die aus (10) mit $\mu = 0$ (Entfall der ersten Vertikalreihe) hervorgehenden Bestimmungsgleichungen; für gesonderte Berücksichtigung des Einflusses von Temperaturwechsel u. s. w. ergeben sich die Bestimmungsgleichungen mit $\gamma = 0$ (Entfall der zweiten Vertikalreihe). Ist in letzterem Falle μ für alle Stäbe gleich, dann ist das formgeänderte Balkenfachwerk mit seiner ursprünglichen Gestalt ähnlich und spannungslos. Der Nachweis der Spannungslosigkeit gelingt bei Betrachtung des Gleichungssatzes (3) sofort. Dortselbst für $\Delta s \dots \mu \cdot s$ eingestellt und μ als konstant ausgeschieden, erhält man

$$\left. \begin{aligned} \sum \alpha s &= 0, \\ \sum \beta s &= 0, \\ \sum \gamma s &= 0, \\ &\dots \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (11)^*$$

welches Ergebniss nach Gleichungssatz (10)

$$A = B = C = \dots = 0$$

*) Die Ausdrücke (11) gestatten die Aufstellung einer analytischen Beziehung zwischen den Seiten und Diagonalen eines Trapezes. Wird ein solches, s. Fig. 4, als zusammengesetztes

zur Folge haben muss. Mit dem Vorstehenden ist auch der Nachweis erbracht, dass — wie an früherer Stelle behauptet wurde — für t_0 eine beliebige, allen Stäben gemeinsame Temperatur eingeführt werden kann.

Der besondere Fall des zusammengesetzten Balkenfachwerks.

Es wurde im allgemeinen Theil bemerkt, dass das sehr nachtheilige Schnellen bei schlaffen Schrägstäben durch entsprechende künstliche Anspannung derselben hintangehalten werden kann. Bei Brücken mit parabolischen Trägern ist es in der Regel gleichgiltig, welche Stablage unmittelbar gespannt wird, und es treten in dieser Richtung nur konstruktive Gründe (Querschnittsbildung der Schrägen) beschränkend auf; bei anderen Trägerarten sind es immer die Gegenschrägen, welche unmittelbar angespannt werden. Für die Grösse der Anspannung ist der Umstand bestimmend, dass für die dem Drucksinn entsprechende, grösste Stabkraft ein Anschlagen des Stabes nicht eintritt.

Die Anwendung der abgeleiteten Bestimmungsgleichungen (10) setzt Kenntniss der Querschnittsflächen der Stäbe voraus; bei einer ersten Anwendung dieser Gleichungen werden die Querschnittsflächen benutzt, welche sich unter Zugrundelegung des einfachen Fachwerks in üblicher Weise ergaben; bei Vornahme einer zweiten Berechnung sind die nach den Ergebnissen der ersten verbesserten Querschnittsflächen zu benutzen.

Bezüglich der ständigen Last sind die Fachwerke mit künstlich gespannten Gliedern als statisch bestimmt anzusehen, wie der Leser den Ausführungen im allgemeinen Theil entnommen haben wird. Die Wirkung des Wärmewechsels wird als geringfügig vernachlässigt, so dass der Fall des zusammengesetzten Balkenfachwerks nur bezüglich der bewegten Lasten und der künstlichen Anspannung vorliegt.

Die Bestimmung der grössten Kräfte für Verkehrslast kann in verlässiger Weise nur mit Hilfe von Einflusslinien erfolgen, und es werden also die Gleichungen (10) für die schreitende Einzellast Eins auszuwerthen sein. Eine eigentliche Auflösung dieser Gleichungen wird jedoch als überaus umständlich vermieden werden müssen, sodass die Werthe

Fachwerk aufgefasst und durch Abtrennen einer Diagonale (d') statisch bestimmt gemacht, dann zeigt der Kräfteplan für den Angriff der Gegenkräfte Eins am Orte dieser Diagonale eine

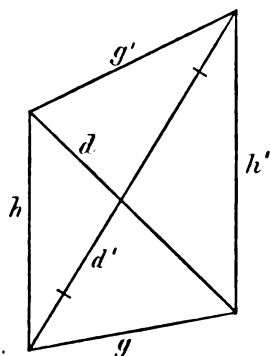


Fig. 4.

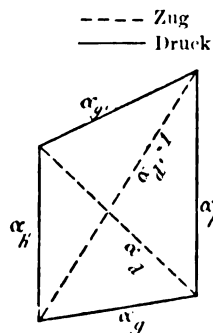


Fig. 5.

der Unbekannten $A, B, C, \dots$ im Wege mehrmaliger Näherung und Verbesserung zu suchen sein werden; das durchgerechnete Beispiel giebt hierüber vollen Aufschluss.

Die grössten für Verkehrslast hervorgehenden Schrägenkräfte eines Faches lassen unschwer auf den Betrag derjenigen künstlichen Spannungen schliessen, welche diese Stäbe besitzen müssen, damit allezeit sämtliche Glieder des Fachwerks wirksam bleiben. Da jedoch die Anspannung in den einzelnen Fachen nacheinander erfolgt, so wird der unmittelbar einzutragende Zug von demjenigen verschieden sein, der schliesslich in dem Stabe verbleibt. Nach dem thatsächlichen Vorgange bei der künstlichen Anspannung ist festzuhalten, dass bei Vornahme des ersten (mit gekreuzten, schlaffen Schrägen versehenen) Faches die Gegenstäbe in den folgenden Fachen als nicht vorhanden zu denken sind; bei Vornahme des zweiten Faches ist das erste als bereits verspannt zu berücksichtigen u. s. w.

Der Zusammenhang zwischen den in Folge der künstlichen Anspannung der überzähligen Glieder $a, b, c, \dots$ in diesen ständig verbleibenden Zügen $A, B, C, \dots$ und den ursprünglich eingetragenen Kräften ist an Hand des Gleichungssatzes (10) leicht feststellbar. Wären sämtliche überzählige Glieder gleichzeitig vorhanden und würden ihnen Längenänderungen $\Delta_a, \Delta_b, \Delta_c, \dots$ ertheilt, dann wären zu Folge (10) die Spannungen dieser Glieder nach dem Gleichungssatz

$$\left. \begin{aligned} 0 &= \Delta_a + A \cdot \sum aar + B \cdot \sum a\beta r + \dots, \\ 0 &= \Delta_b + A \cdot \sum \beta ar + B \cdot \sum \beta\beta r + \dots, \\ &\dots \end{aligned} \right\}$$

zu berechnen. Da aber das Einstellen und Anspannen dieser Glieder nacheinander erfolgt, so bleibt die Spannung des Stabes a bezüglich $b, c, d, \dots$ wirkungslos, ebenso die Spannung b bezüglich $c, d, \dots$ u. s. w. Es giebt somit bei Anspannung im ersten Fache die Gleichung

$$0 = \Delta_a + A \cdot \sum aar \dots \dots \dots (12)$$

den Zusammenhang zwischen der bewirkten Längenänderung und der Kraft des überzähligen Gliedes an. Bei Anspannung im zweiten Fache sind die beiden Gleichungen

$$\left. \begin{aligned} 0 &= A \cdot \sum aar + B \cdot \sum a\beta r, \\ 0 &= \Delta_b + A \cdot \sum \beta ar + B \cdot \sum \beta\beta r \end{aligned} \right\} \dots (13)$$

dem Trapeze ähnliche Gestalt, s. Fig. 5. Es führt somit die unmittelbare Anwendung von (11) zum Ansatz:

$$0 = d^2 + d'^2 - g^2 - g'^2 - 2hh', \quad \text{woraus} \\ d^2 + d'^2 = g^2 + g'^2 + 2hh' \dots \dots \dots (m).$$

Für das symmetrische Trapez wird (wegen $d = d', g = g'$)

$$d^2 = g^2 + hh' \dots \dots \dots (n),$$

für das Rechteck endlich (wegen $h = h'$)

$$d^2 = g^2 + h^2.$$

Die Beziehungen (m) und (n) benutzte der Verfasser mit grossem Vortheil bei der Berechnung bzw. Prüfung der geometrischen Netze von Fachwerken.

In das geometrische Netz werden die zu seiner Berechnung nöthigen Quadratzahlen und die gefundenen Stablängen (ganzen Millimetern entsprechend) eingeschrieben, wonach die Prüfung der Richtigkeit des Netzes mit Hilfe der Beziehung (m) rasch durchführbar ist. Der Vortheil des Verfahrens liegt darin, dass — wenn Gl. (m) erfüllt ist — die Länge sämtlicher Stäbe des betrachteten Faches als richtig feststeht.

Die Beziehung (n) ist bei Netzberechnungen für Rotundendächer gut verwendbar.

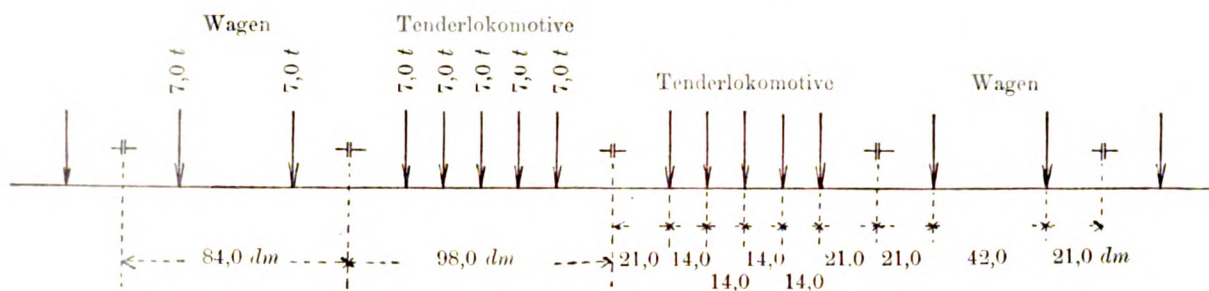


Tabelle I.

[illegible]

Bemerkung zu Tabelle I. F sind die Vollflächen der Stabquerschnitte, E ist der Modul für Normalelastizität, hier 200 000 für t und dm .

Civilingenieur XLI.

100 000 fuch									
Σaar	$\Sigma a\beta r$	$\Sigma a\gamma r$	$\Sigma a\delta r$	$\Sigma \beta\beta r$	$\Sigma \beta\gamma r$	$\Sigma \beta\delta r$	$\Sigma \gamma\gamma r$	$\Sigma \gamma\delta r$	$\Sigma \delta\delta r$
178,58	10,35	—	—	146,67	10,35	—	146,67	10,35	178,58

Tabelle II.

Stabgruppe	Stab- zeichen	$\mathfrak{S}_1$	$\mathfrak{S}_2$	$\mathfrak{S}_3$	$\mathfrak{S}_4$	$\mathfrak{S}_5$	100 000 fach				100 000	
		t	t	t	t	t	$\mathfrak{S}_1 ar$	$\mathfrak{S}_1 \beta r$	$\mathfrak{S}_1 \gamma r$	$\mathfrak{S}_1 \delta r$	$\mathfrak{S}_2 ar$	$\mathfrak{S}_2 \beta r$
Obergurt	(III)—(IV)	— 0,60	— 1,20	— 1,80	— 2,40	— 2,00	+ 2,81	—	—	—	+ 5,62	—
	(IV)—(V)	— 0,50	— 1,00	— 1,50	— 2,00	— 2,50	—	+ 2,19	—	—	—	+ 4,38
	(V)—(IV)	— 0,50	— 1,00	— 1,50	— 2,00	— 2,50	—	—	+ 2,19	—	—	—
	(IV)—(III)	— 0,40	— 0,80	— 1,20	— 1,60	— 2,00	—	—	—	+ 1,87	—	—
Untergurt	(3)—(4)	+ 0,70	+ 1,40	+ 2,10	+ 1,80	+ 1,50	— 3,71	—	—	—	— 7,41	—
	(4)—(5)	+ 0,60	+ 1,20	+ 1,80	+ 2,40	+ 2,00	—	— 2,81	—	—	—	— 5,62
	(5)—(4)	+ 0,40	+ 0,80	+ 1,20	+ 1,60	+ 2,00	—	—	— 1,87	—	—	—
	(4)—(3)	+ 0,30	+ 0,60	+ 0,90	+ 1,20	+ 1,50	—	—	—	— 1,59	—	—
Pfosten	(3)—(III)	+ 0,10	+ 0,20	— 0,70	— 0,60	— 0,50	— 1,24	—	—	—	— 2,47	—
	(4)—(IV)	+ 0,10	+ 0,20	+ 0,30	— 0,60	— 0,50	— 1,46	— 1,46	—	—	— 2,93	— 2,93
	(5)—(V)	—	—	—	—	— 1,00	—	—	—	—	—	—
	(4)—(IV)	— 0,10	— 0,20	— 0,30	— 0,40	— 0,50	—	—	+ 1,46	+ 1,46	—	—
	(3)—(III)	— 0,10	— 0,20	— 0,30	— 0,40	— 0,50	—	—	—	+ 1,24	—	—
Hauptschrägen	(III)—(4)	— 0,141	— 0,283	— 0,424	+ 0,848	+ 0,707	— 4,45	—	—	—	— 8,90	—
	(IV)—(5)	— 0,141	— 0,283	— 0,424	— 0,566	+ 0,707	—	— 5,70	—	—	—	— 11,40
	(5)—(IV)	+ 0,141	+ 0,283	+ 0,424	+ 0,566	+ 0,707	—	—	+ 5,70	—	—	—
	(4)—(III)	+ 0,141	+ 0,283	+ 0,424	+ 0,566	+ 0,707	—	—	—	+ 4,45	—	—

$\Sigma \mathfrak{S}_1 ar$	$\Sigma \mathfrak{S}_1 \beta r$	$\Sigma \mathfrak{S}_1 \gamma r$	$\Sigma \mathfrak{S}_1 \delta r$	$\Sigma \mathfrak{S}_2 ar$	$\Sigma \mathfrak{S}_2 \beta r$
— 8,05	— 7,78	+ 7,48	+ 7,43	— 16,09	— 15,57

Die Tabelle I enthält überdies die Stabkräfte α , β , γ und δ , welche die am Orte der vier überzähligen Glieder (Gegenschrägen) nacheinander angebrachten Gegenkräfte + Eins in dem einfachen Fachwerk erzeugen, endlich die Aufstellung der Koeffizienten von A , B , C , ... des Gleichungssatzes (10).

In der Tabelle II sind zunächst die Stabkräfte zusammengestellt, welche die, wegen „Bahnlage oben“ über die Knotenpunkte (I), (II), (III), (IV) und (V) schreitende lothrechte Einzellast Eins im einfachen Fachwerk erzeugt, und es sind diese Kräfte bezw. mit $\mathfrak{S}_1$, $\mathfrak{S}_2$, $\mathfrak{S}_3$, $\mathfrak{S}_4$ und $\mathfrak{S}_5$ bezeichnet; des weiteren sind in dieser Tabelle die Summenglieder der zweiten Vertikalreihe des Gleichungssatzes (10) aufgestellt.

Nach Abschluss der Tabelle II konnte sofort zur Be-

stimmung der Kräfte in den überzähligen Gliedern geschritten werden. Für die Stellung der schreitenden Last Eins über Knotenpunkt (I) werden diese Kräfte mit A_1 , B_1 , C_1 , D_1 bezeichnet, bei der Stellung von Eins über (II) wird der Zeiger 2 gewählt u. s. w. Da jedoch die Auflösung des Gleichungssatzes (10) nothwendig umgangen werden muss, so bedarf der Vorgang bei Bestimmung der Grössen A , B , C , D einiger Erläuterung.

Aus dem Gleichungssatz (10) gehen bei der Lage der Last Eins über Knotenpunkt (I) mit den zugehörigen Werthen der Tabellen I und II die besonderen Bestimmungsgleichungen*) hervor:

*) Hierbei können die in den Tabellen I und II enthaltenen Werthe der Koeffizienten Σaar , $\Sigma a\beta r$, $\Sigma \beta\beta r$. . . und

Tabelle II.

fach		100 000 fach				100 000 fach				100 000 fach			
$\Sigma_2 \gamma r$	$\Sigma_2 \delta r$	$\Sigma_3 ar$	$\Sigma_3 \beta r$	$\Sigma_3 \gamma r$	$\Sigma_3 \delta r$	$\Sigma_4 ar$	$\Sigma_4 \beta r$	$\Sigma_4 \gamma r$	$\Sigma_4 \delta r$	$\Sigma_5 ar$	$\Sigma_5 \beta r$	$\Sigma_5 \gamma r$	$\Sigma_5 \delta r$
—	—	+ 8,42	—	—	—	+ 11,23	—	—	—	+ 9,36	—	—	—
—	—	—	+ 6,56	—	—	—	+ 8,75	—	—	—	+ 10,94	—	—
+ 4,38	—	—	—	+ 6,56	—	—	—	+ 8,75	—	—	—	+ 10,94	—
—	+ 3,74	—	—	—	+ 5,62	—	—	—	+ 7,49	—	—	—	+ 9,36
—	—	— 11,12	—	—	—	— 9,53	—	—	—	— 7,94	—	—	—
—	—	—	— 8,42	—	—	—	— 11,23	—	—	—	— 9,36	—	—
— 3,74	—	—	—	— 5,62	—	—	—	— 7,49	—	—	—	— 9,36	—
—	— 3,18	—	—	—	— 4,77	—	—	—	— 6,35	—	—	—	— 7,94
—	—	+ 8,65	—	—	—	+ 7,41	—	—	—	+ 6,18	—	—	—
—	—	— 4,39	— 4,39	—	—	+ 8,78	+ 8,78	—	—	+ 7,32	+ 7,32	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 14,64	+ 14,64	—
+ 2,93	+ 2,93	—	—	+ 4,39	+ 4,39	—	—	+ 5,85	+ 5,85	—	—	+ 7,32	+ 7,32
—	+ 2,47	—	—	—	+ 3,71	—	—	—	+ 4,94	—	—	—	+ 6,18
—	—	— 13,35	—	—	—	+ 26,71	—	—	—	+ 22,26	—	—	—
—	—	—	— 17,10	—	—	—	— 22,80	—	—	—	+ 28,50	—	—
+ 11,40	—	—	—	+ 17,10	—	—	—	+ 22,80	—	—	—	+ 28,50	—
—	+ 8,90	—	—	—	+ 13,35	—	—	—	+ 17,80	—	—	—	+ 22,26

100 000 fach

$\Sigma \Sigma_2 \gamma r$	$\Sigma \Sigma_2 \delta r$	$\Sigma \Sigma_3 ar$	$\Sigma \Sigma_3 \beta r$	$\Sigma \Sigma_3 \gamma r$	$\Sigma \Sigma_3 \delta r$	$\Sigma \Sigma_4 ar$	$\Sigma \Sigma_4 \beta r$	$\Sigma \Sigma_4 \gamma r$	$\Sigma \Sigma_4 \delta r$	$\Sigma \Sigma_5 ar$	$\Sigma \Sigma_5 \beta r$	$\Sigma \Sigma_5 \gamma r$	$\Sigma \Sigma_5 \delta r$
+ 14,97	+ 14,86	— 11,79	— 23,35	+ 22,43	+ 22,30	+ 44,78	— 16,50	+ 29,91	+ 29,73	+ 37,18	+ 52,04	+ 52,04	+ 37,18

$$\begin{aligned}
 0 &= -8,05 + A_1 \cdot 178,58 + B_1 \cdot 10,35, \\
 0 &= -7,78 + A_1 \cdot 10,35 + B_1 \cdot 146,67 + C_1 \cdot 10,35, \\
 0 &= +7,48 \quad \quad \quad + B_1 \cdot 10,35 + C_1 \cdot 146,67 + \\
 &\quad \quad \quad D_1 \cdot 10,35, \\
 0 &= +7,43 \quad \quad \quad + C_1 \cdot 10,35 + \\
 &\quad \quad \quad D_1 \cdot 178,58.
 \end{aligned}$$

Die Werthe der Unbekannten bestimmen wir im Wege einer fortgesetzten Annäherung bzw. Verbesserung. Bei der ersten Annäherung nehmen wir in der ersten Gleichung den Werth von B_1 als Null an, desgleichen in der zweiten Gleichung jenen von A_1 und C_1 u. s. w., womit aus der

auch jene der Glieder $\Sigma \Sigma ar$, $\Sigma \Sigma \beta r$, ... unmittelbar benutzt werden, da sie sämmtlich die gleichen Vielfachen — nämlich das 100 000 fache — der thatsächlichen, für dm und t gültigen Werthe sind.

ersten Gleichung ein Näherungswerth für A_1 , aus der zweiten in solcher für B_1 hervorgeht u. s. w.; wir erhalten hiernach

$$\begin{aligned}
 A_1' &= +0,045, \\
 B_1' &= +0,053, \\
 C_1' &= -0,051, \\
 D_1' &= -0,042.
 \end{aligned}$$

Diese Werthe stellen wir für B_1 in der ersten Bestimmungsgleichung, für A_1 und C_1 in der zweiten, für B_1 und D_1 in der dritten und endlich für C_1 in der vierten Gleichung ein und bestimmen sodann die erstmal verbesserten Werthe der Unbekannten; dieselben lauten

$$\begin{aligned}
 A_1'' &= +0,042, \\
 B_1'' &= +0,054, \\
 C_1'' &= -0,052, \\
 D_1'' &= -0,039.
 \end{aligned}$$

Tabelle III.

Stabgruppe	Stab- zeichen	Ξ_1 t	αA_1 t	βB_1 t	γC_1 t	δD_1 t	S_1 t	Ξ_2 t	αA_2 t	βB_2 t	γC_2 t	δD_2 t	S_2 t	Ξ_3 t	αA_3 t
Obergurt	(III)–(IV)	– 0,60	– 0,030	—	—	—	– 0,630	1,20	– 0,059	—	—	—	– 1,259	– 1,80	– 0,040
	(IV)–(V)	– 0,50	—	– 0,038	—	—	– 0,538	– 1,00	—	– 0,076	—	—	– 1,076	– 1,50	—
	(V)–(IV)	– 0,50	—	—	+ 0,037	—	– 0,463	– 1,00	—	—	+ 0,074	—	– 0,926	– 1,50	—
	(IV)–(III)	– 0,40	—	—	—	+ 0,028	– 0,372	– 0,80	—	—	—	+ 0,054	– 0,746	– 1,20	—
Untergurt	(3)–(4)	+ 0,70	– 0,030	—	—	—	+ 0,670	+ 1,40	– 0,059	—	—	—	+ 1,341	+ 2,10	– 0,040
	(4)–(5)	+ 0,60	—	– 0,038	—	—	+ 0,562	+ 1,20	—	– 0,076	—	—	+ 1,124	+ 1,80	—
	(5)–(4)	+ 0,40	—	—	+ 0,037	—	+ 0,437	+ 0,80	—	—	+ 0,074	—	+ 0,874	+ 1,20	—
	(4)–(3)	+ 0,30	—	—	—	+ 0,028	+ 0,328	+ 0,60	—	—	—	+ 0,054	+ 0,654	+ 0,90	—
Pfosten	(3)–(III)	+ 0,10	– 0,030	—	—	—	+ 0,070	+ 0,20	– 0,059	—	—	—	+ 0,141	– 0,70	– 0,040
	(4)–(IV)	+ 0,10	– 0,030	– 0,038	—	—	+ 0,032	+ 0,20	– 0,059	– 0,076	—	—	+ 0,065	+ 0,30	– 0,040
	(5)–(V)	—	—	– 0,038	+ 0,037	—	– 0,001	—	—	– 0,076	+ 0,074	—	– 0,002	—	—
	(4)–(IV)	– 0,10	—	—	+ 0,037	+ 0,028	– 0,035	– 0,20	—	—	+ 0,074	+ 0,054	– 0,072	– 0,30	—
	(3)–(III)	– 0,10	—	—	—	+ 0,028	– 0,072	– 0,20	—	—	—	+ 0,054	– 0,146	– 0,30	—
Hauptschrägen	(III)–(4)	– 0,141	+ 0,042	—	—	—	– 0,099	– 0,283	+ 0,084	—	—	—	– 0,199	– 0,424	+ 0,057
	(IV)–(5)	– 0,141	—	+ 0,054	—	—	– 0,087	– 0,283	—	+ 0,107	—	—	– 0,176	– 0,424	—
	(5)–(IV)	+ 0,141	—	—	– 0,052	—	+ 0,089	+ 0,283	—	—	– 0,104	—	+ 0,179	+ 0,424	—
	(4)–(III)	+ 0,141	—	—	—	– 0,039	+ 0,102	+ 0,283	—	—	—	– 0,077	+ 0,206	+ 0,424	—
Gegenschrägen	(3)–(IV)	—	+ 0,042	—	—	—	+ 0,042	—	+ 0,084	—	—	—	+ 0,084	—	+ 0,057
	(4)–(V)	—	—	+ 0,054	—	—	+ 0,054	—	—	+ 0,107	—	—	+ 0,107	—	—
	(V)–(4)	—	—	—	– 0,052	—	– 0,052	—	—	—	– 0,104	—	– 0,104	—	—
	(IV)–(3)	—	—	—	—	– 0,039	– 0,039	—	—	—	—	– 0,077	– 0,077	—	—

Werden nun diese Werthe in gleicher Art, wie dies im vorangehenden Satz ausgesprochen wurde, in die Bestimmungsgleichungen eingeführt und die zweimal verbesserten Werthe der Unbekannten bestimmt, so wird

$$\begin{aligned} A_1''' &= + 0,042, \\ B_1''' &= + 0,054, \\ C_1''' &= - 0,052, \\ D_1''' &= - 0,039 \end{aligned}$$

erhalten; die Uebereinstimmung dieser Werthe mit den vorangehenden lässt erkennen, dass bereits die erstmal verbesserten Werthe als endgültig beibehalten werden konnten.

In ganz ähnlicher Art wurde bei den weiteren Stellungen der schreitenden Last Eins verfahren und die gewonnenen Werthe $A_1, B_1, \dots, A_2, B_2, \dots$ u. s. w. in den zugehörigen Kolumnen der Stabgruppe „Gegenschrägen“, Tabelle III, eingesetzt.

In Tabelle III sind weiter die, nach Kenntniss der Kräfte in den überzähligen Gliedern rasch berechenbaren Werthe $\alpha A_1, \beta B_1, \dots, \alpha A_2, \beta B_2, \dots$ u. s. w. enthalten und auch die Stabkräfte $\Xi_1, \Xi_2, \dots$ des einfachen Fachwerks — die im Eingang der Tabelle II stehen — eingesetzt, letzteres aus dem Grunde, um bei Bildung der

Tabelle III.

βB_3	γC_3	δD_3	S_3	Ξ_4	αA_4	βB_4	γC_4	δD_4	S_4	Ξ_5	αA_5	βB_5	γC_5	δD_5	S_5
t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t
—	—	—	—1,840	—2,40	+0,183	—	—	—	—2,217	—2,00	+0,134	—	—	—	—1,866
0,117	—	—	—1,617	—2,00	—	—0,103	—	—	—2,103	—2,50	—	+0,226	—	—	—2,274
—	+0,110	—	—1,390	—2,00	—	—	+0,144	—	—1,856	—2,50	—	—	+0,226	—	—2,274
—	—	+0,082	—1,118	—1,60	—	—	—	+0,110	—1,490	—2,00	—	—	—	+0,134	—1,866
—	—	—	+2,060	+1,80	+0,183	—	—	—	+1,983	+1,50	+0,134	—	—	—	+1,634
0,117	—	—	+1,683	+2,40	—	—0,103	—	—	+2,297	+2,00	—	+0,226	—	—	+2,226
—	+0,110	—	+1,310	+1,60	—	—	+0,144	—	+1,744	+2,00	—	—	+0,226	—	+2,226
—	—	+0,082	+0,982	+1,20	—	—	—	+0,110	+1,310	+1,50	—	—	—	+0,134	+1,634
—	—	—	—0,740	—0,60	+0,183	—	—	—	—0,417	—0,50	+0,134	—	—	—	—0,366
0,117	—	—	+0,143	—0,60	+0,183	—0,103	—	—	—0,520	—0,50	+0,134	+0,226	—	—	—0,140
0,117	+0,110	—	—0,007	—	—	—0,103	+0,144	—	+0,041	—1,00	—	+0,226	+0,226	—	—0,548
—	+0,110	+0,082	—0,108	—0,40	—	—	+0,144	+0,110	—0,146	—0,50	—	—	+0,226	+0,134	—0,140
—	—	+0,082	—0,218	—0,40	—	—	—	+0,110	—0,290	—0,50	—	—	—	+0,134	—0,366
—	—	—	—0,367	+0,848	—0,259	—	—	—	+0,589	+0,707	—0,190	—	—	—	+0,517
0,166	—	—	—0,258	—0,566	—	+0,145	—	—	—0,421	+0,707	—	—0,319	—	—	+0,388
—	—0,156	—	+0,268	+0,566	—	—	—0,204	—	+0,362	+0,707	—	—	—0,319	—	+0,388
—	—	—0,116	+0,308	+0,566	—	—	—	—0,155	+0,411	+0,707	—	—	—	—0,190	+0,517
—	—	—	+0,057	—	—0,259	—	—	—	—0,259	—	—0,190	—	—	—	—0,190
0,166	—	—	+0,166	—	—	+0,145	—	—	+0,145	—	—	—0,319	—	—	—0,319
—	—0,156	—	—0,156	—	—	—	—0,204	—	—0,204	—	—	—	—0,319	—	—0,319
—	—	—0,116	—0,116	—	—	—	—	—0,155	—0,155	—	—	—	—	—0,190	—0,190

Kräfte $S_1, S_2, \dots$ — s. Gl. (4) — bequem verfahren zu können.

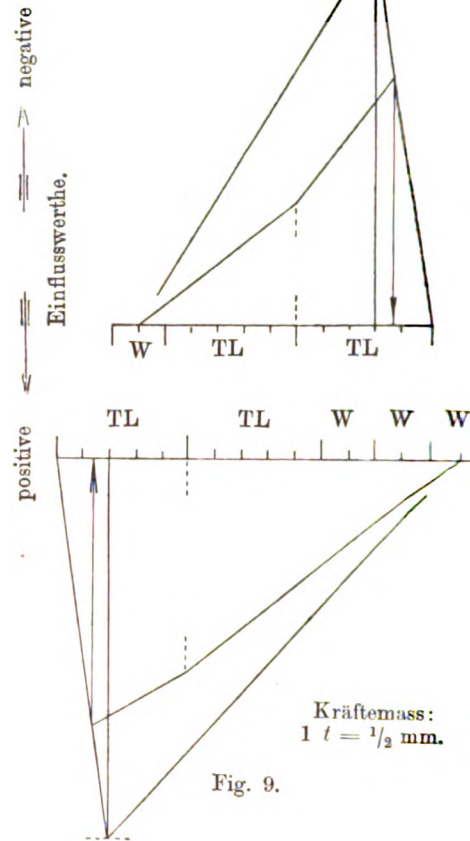
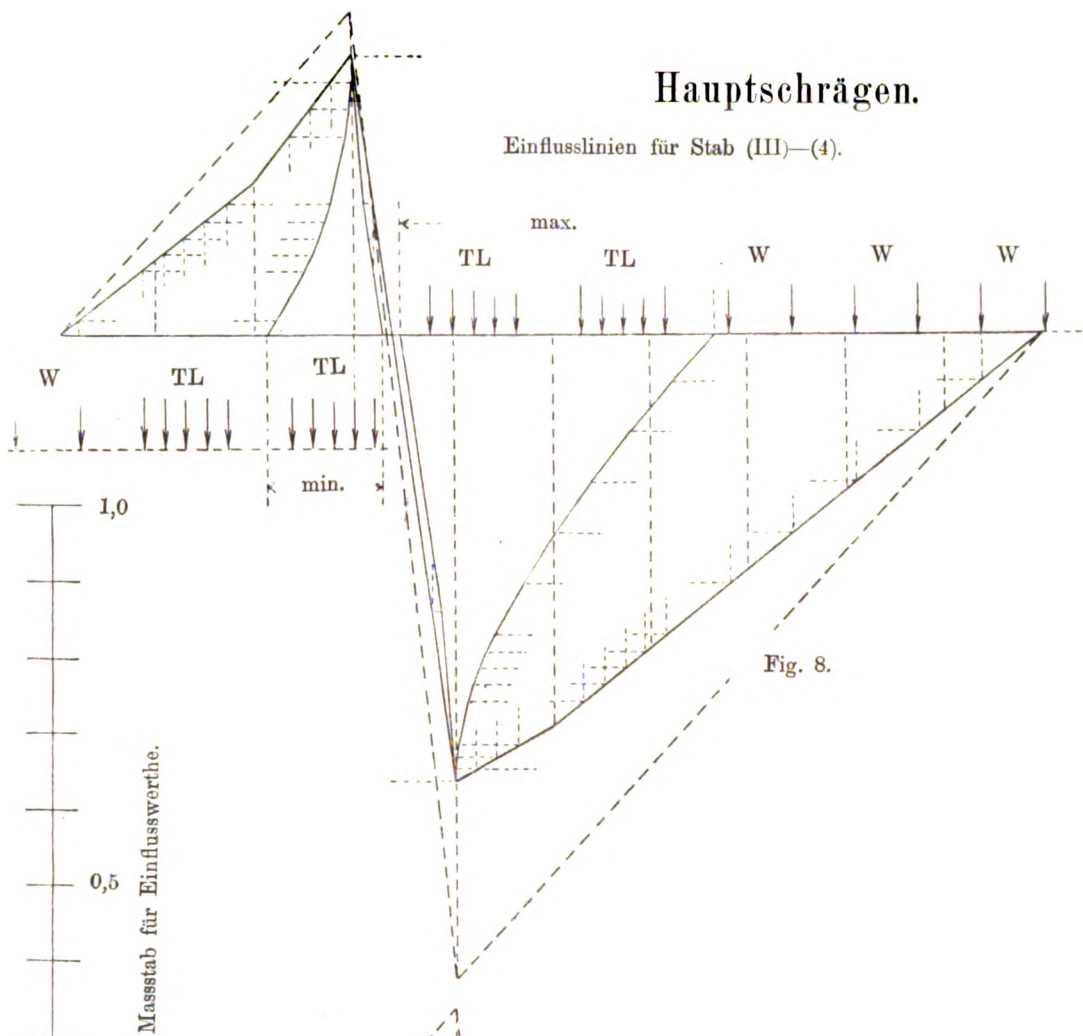
Die der schreitenden Last Eins entsprechenden Kräfte S_1, S_2, S_3, S_4 und S_5 sind das Endergebniss der vorbereitenden Berechnung des hier vorliegenden zusammengesetzten Balkenfachwerks. Sie können ohne Weiteres zur Verzeichnung von Einflusslinien benutzt werden und reichen hierzu vollständig aus, da die Stabkräfte für die Lagen der schreitenden Last Eins jenseits der Trägermitte, also bei (IV), (III), (II) und (I), in den Werthen S_1 bis S_4 mit enthalten sind. Wird z. B. die Stabkraft S für die

Hauptschräge (III) — (4) und die Laststellung „Eins bei (I)“ gewünscht, so ist hierfür der Tabelle III die Stabkraft der Hauptschräge (4) — (III) im Falle „Eins bei (I)“, also der Werth +0,141 zu entnehmen.

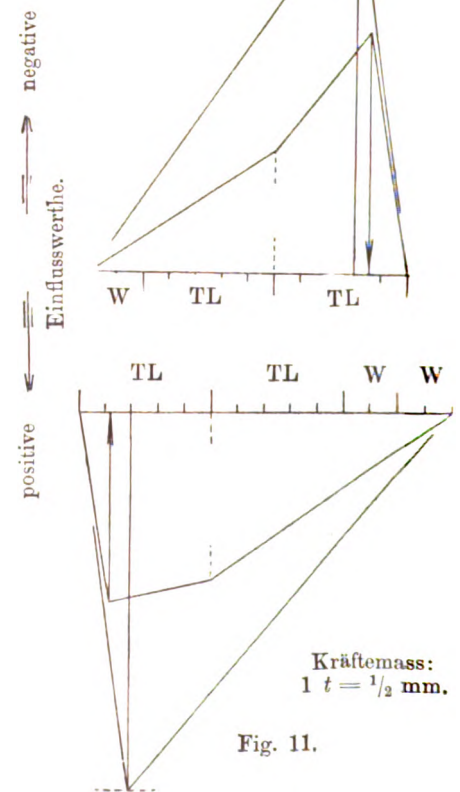
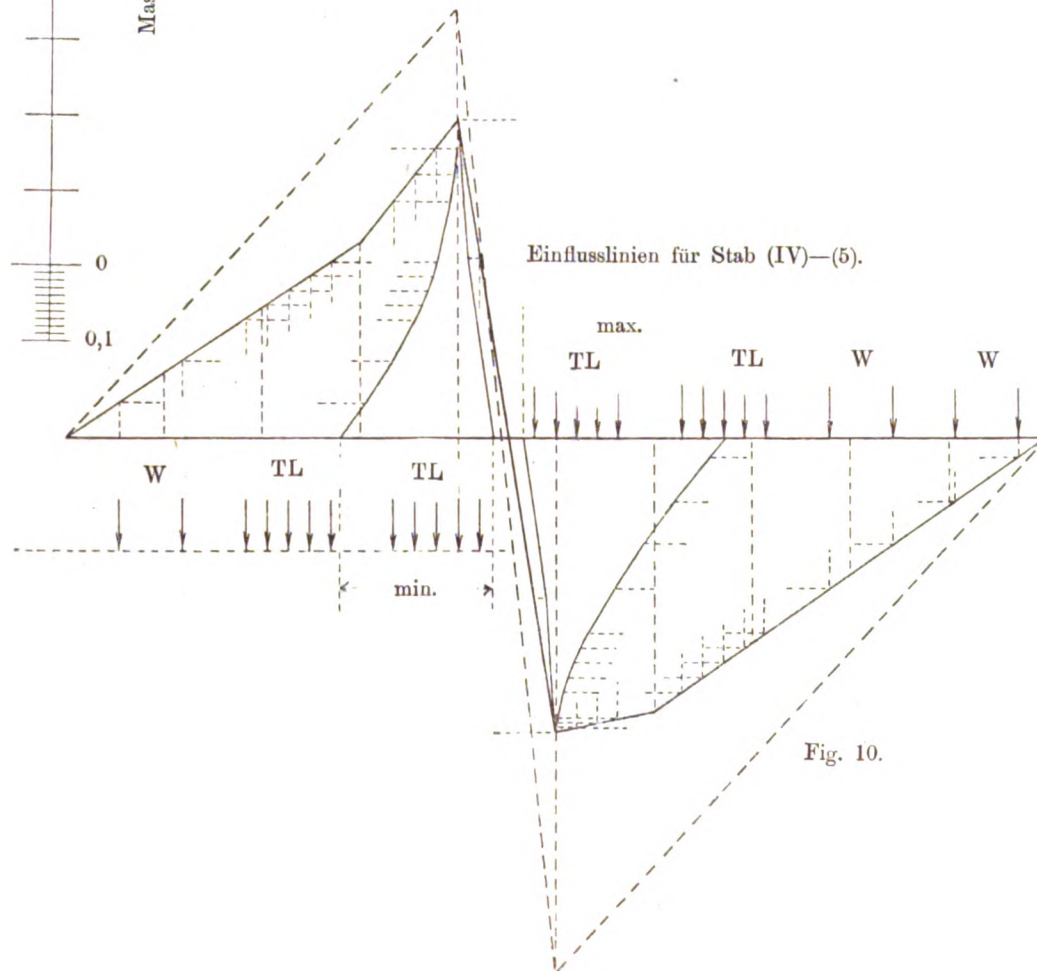
Bei der Durchrechnung der vorliegenden Aufgabe wurden für sämtliche Stäbe der Wechselstrecke die Einflusslinien (durch Abtragung der Werthe S) verzeichnet, die ungünstigsten Stellungen des Belastungszuges gesucht und schliesslich die grössten Wirkungswerthe und zwar zunächst für die veränderliche Last (einfache Radgewichte) ermittelt; bei beiden Bestimmungen wurde das zeichnerische

Hauptschrägen.

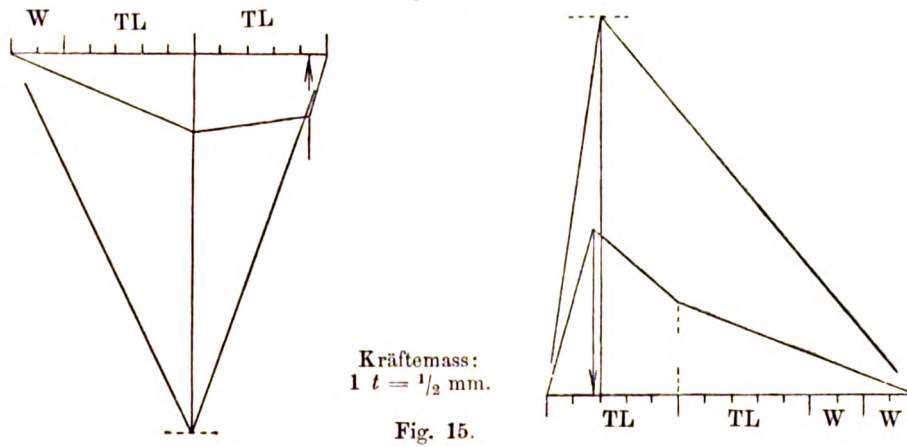
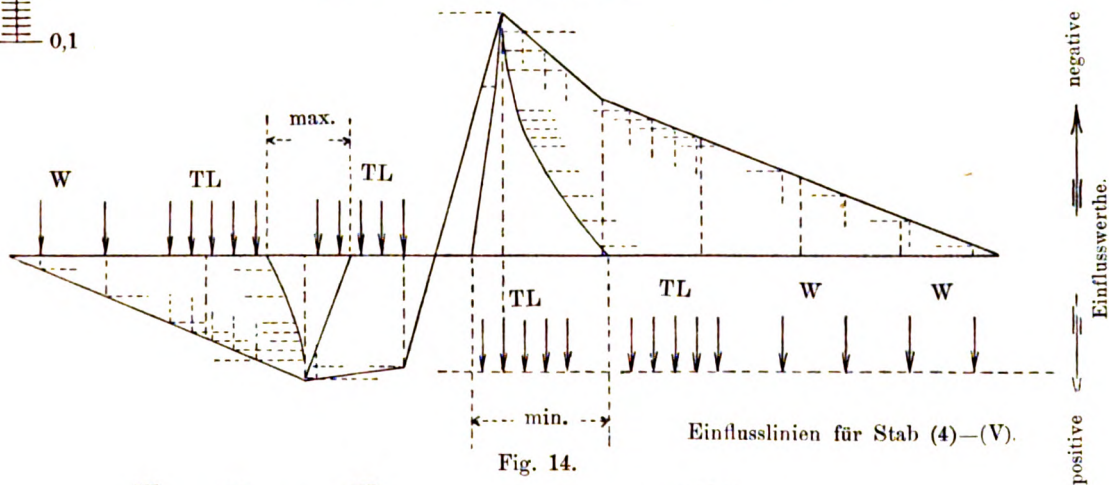
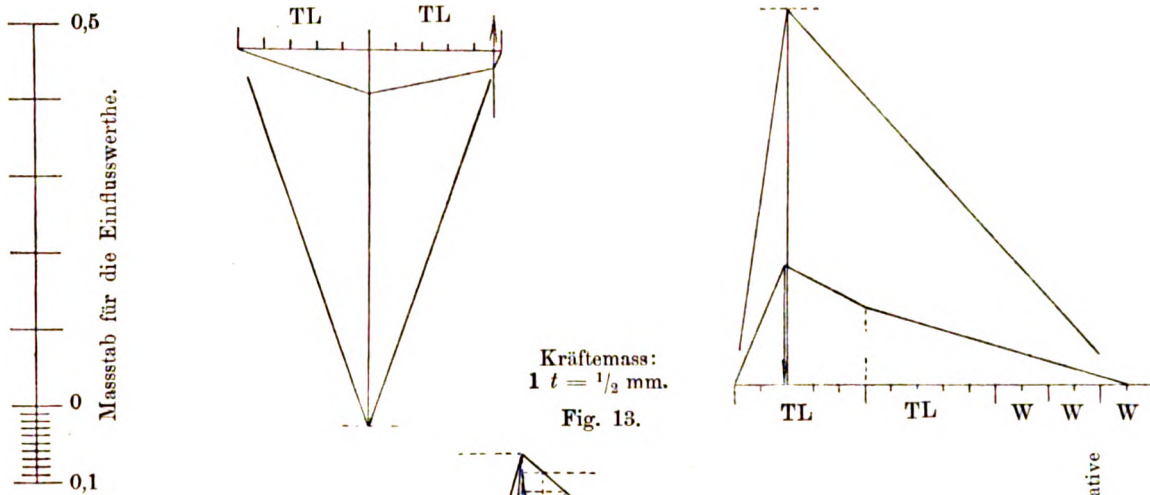
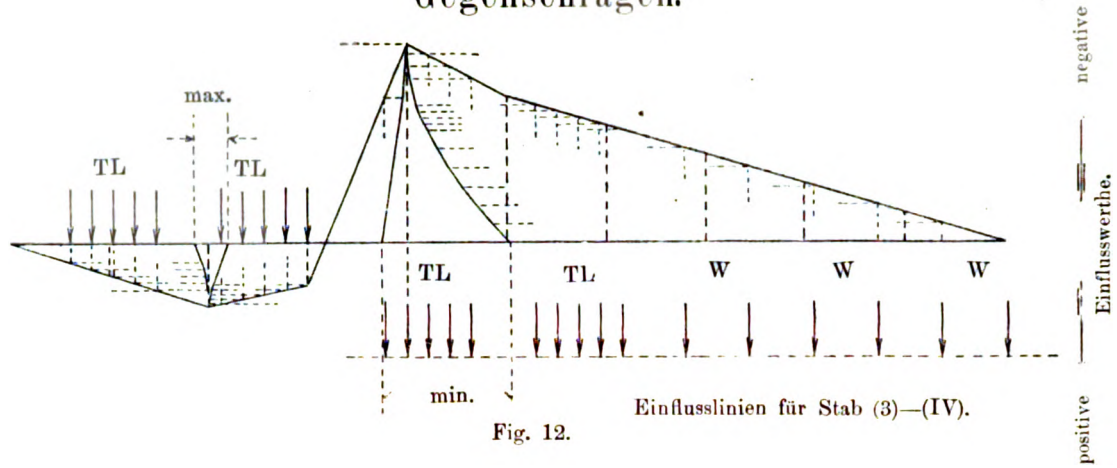
Einflusslinien für Stab (III)–(4).



Einflusslinien für Stab (IV)–(5).



Gegenschrägen.



Verfahren als weitaus bequemer in Anwendung gebracht. Da es jedoch den uns verfügbaren Raum überschreiten würde, wollten wir die Einflusslinien und Konstruktionen zur Bestimmung von Laststellung und Wirkungswerth bei sämtlichen Stäben der Wechselstrecke anführen, so beschränken wir uns auf die vor Allem interessanten Haupt- und Gegenschrägen dieses Trägertheiles; wegen der Symmetrie der Anlage genügt hierbei die Berechnung der Hauptschrägen (III) — (4) und (IV) — (5) und jene der Gegenschrägen (3) — (IV) und (4) — (V).

Da die Verfahren, die wir bei Einstellung des Lastenzuges und bei Bestimmung der zugehörigen Stabkraft benutzen, neuartige sind, soll eine Erläuterung derselben Platz finden; und zwar erklären wir den Vorgang bei den Hauptschrägen (III) — (4) und (IV) — (5), sodass wir uns bezüglich ihrer Gegenschrägen auf Wiedergabe der Zeichnung beschränken können.

Es zeigen Fig. 8 und 10 die Einflusslinien der Hauptschrägen, und zwar sind dieselben des Vergleiches wegen im Zusammenhange mit jenen des einfachen Fachwerkes dargestellt. Für die der sogenannten Zug- und Druckstrecke, also positiven bezw. negativen Einflusswerthen entsprechenden Aeste dieser Linien ist mit Hilfe der beistehenden Fig. 9 und 11 zunächst die ungünstigste Stellung des Belastungszuges gesucht; es geschah dies auf zeichnerischem Wege und zwar auf Grund der folgenden Ueberlegung.

Sind P die einzelnen Lasten eines Zuges und y die Ordinaten einer, beliebige Wirkungswerthe darstellenden Einflusslinie am Orte der P , dann ist die Gesamtwirkung des Zuges

$$S = \sum P \cdot y.$$

Ihr Grösstwerth tritt bei jener Stellung des Belastungszuges ein, welche die Bedingung

$$\frac{dS}{dx} = \sum P \cdot \frac{dy}{dx} = 0$$

erfüllt. Um diese Bedingung zeichnerisch darzustellen, werden die Lasten P zu einer waagerechten Kräfteinie vertragen, sodann der Belastungszug (Schema) in der muthmaasslich ungünstigsten Stellung unter die Einflusslinie oder einen Ast derselben geschoben und — beginnend an den bezüglichen Endpunkten der waagerechten Kräfteinie — Polygonzüge mit den Parallelen zu den, auf die Orte der P treffenden Seiten der Einflusslinie konstruirt. Bei der gewählten Stellung des Zuges befinden sich die schwersten und dichtest stehenden Lasten nachbarlich der Spitze der Einflusslinie oder eines ihrer Aeste und eine der Lasten über der Spitze selbst; trifft nun die Lothlinie durch den Schnittpunkt der verzeichneten Polygonzüge auf jene Last, die über der Spitze stand, dann ist der positive und negative Betrag zu $\sum P \cdot \frac{dy}{dx}$ gleich und diese Summe Null; trifft die genannte Lothlinie auf eine andere Last, dann ist diese letztere über die Astspitze zu stellen und es sind neuerlich die beiden Polygonzüge zu verzeichnen.*)

*) Der Fall, dass nicht beim Ueberschreiten der Spitze, sondern eines anderen Eckpunktes der Einflusslinie $\sum P \cdot \frac{dy}{dx}$ den Werth Null annimmt, ist nicht ausgeschlossen, wenn auch selten;

Nach Feststellung der ungünstigsten Lastlage war die Bestimmung des grössten Wirkungswerthes selbst vorzunehmen, also $\sum P \cdot y$ zu bilden; auch dies geschah zeichnerisch. Es kann nämlich $\sum P \cdot y$ als statisches Moment gedeutet werden, das die Kräfte P , an den Endpunkten der zugehörigen y und waagerecht wirkend, bezüglich der Nulllinie der y erzeugen**). Mit dieser Auffassung ist ein Verhältnisswerth von $\sum P \cdot y$ durch Konstruktion von Seilzügen erhältlich, wobei zweckmässig die zur Ermittlung der Zugstellung vertragene, waagerechte Kräfteinie und ein Pol zu benützen sind, der an jener Last liegt, die über die Astspitze zu stehen kam, s. Fig. 9 und 11. Ist η der Abschnitt der Seilzüge auf der Nulllinie der y (vgl. Fig. 8 und 10) und H die gewählte Poldistanz (vgl. Fig. 9 und 11), dann ist zu Folge der Eigenschaften des Seilpolygons

$$\sum P \cdot y = \eta \cdot H,$$

wobei η mit dem Maassstabe der y und H mit jenem der P (in der waagerechten Kräfteinie) zu messen ist.

Bezüglich der Einflusswerthe der Gegenschrägen soll bemerkt werden, dass sie sich mit jenen der Hauptschrägen zu den Einflusswerthen des einfachen Fachwerkes ergänzen müssen; der Vergleich der Fig. 8 und 10 mit jenen 12 und 14 lässt dies augenfällig werden.

Die Berechnung der Stabkräfte in der Wechselstrecke geschah bei Zugrundelegung des Lastenzuges, Fig. 7; es gelten somit die gewonnenen Werthe für eine Wand und sind behufs Ableitung der Eisenzugflächen 1,5fach zu nehmen. Die Bestimmung der Eisenzugflächen bildet den Inhalt der Tabelle IV und sie erfolgte nach dem Vorgange Gerber's, s. die Quellenangabe, S. 440. Zur Erläuterung bemerken wir zunächst, dass die durch künstliche Anspannung entstandenen Stabkräfte S in gleicher Weise wie jene für die Eigenlast der Brücke $S^0 = \sum$ als ständig vorhanden berücksichtigt wurden, und weiter, dass die mit der Zugbelastung zusammenhängenden Stabkräfte S_{max} und S_{min} den 1,5fachen Radgewichten der Fig. 7 entsprechen; das Konstruktionsmaterial der Brücke ist basisches Thomas-Flusseisen und es ist als statische Spannungsgrenze $\gamma = 160 \text{ kg/cm}^2$ gewählt.

Wir wissen, dass die in den Gegenschrägen schliesslich verbleibenden künstlichen Züge den grössten Druckkräften dieser Stäbe gleich sein oder sie noch überwiegen müssen;

er tritt meist dann auf, wenn die Einflusslinie aus einem einzigen Ast besteht, doch bietet seine Erledigung keine Schwierigkeiten.

Zu dieser Art der Bestimmung der ungünstigsten Stellung eines Lastenzuges hinsichtlich eines beliebigen Wirkungswerthes wurde ich durch eine Veröffentlichung Winklers angeregt und ich verwende dieselbe seit vielen Jahren; vergl. Winkler: Beitrag zur Theorie der Bogenträger, Zeitschrift d. hann. Ing.- u. Arch.-V., 1879.

**) Die Werthbestimmung von Summen mit der Form $\sum P \cdot y$ auf zeichnerischem Wege ist meines Wissens zuerst von Mohr geübt worden; vergl. Mohr: Graphische Bestimmung der Durchbiegung des einfachen Balkenfachwerkes, Zeitschrift d. hann. Ing.- u. Arch.-V., 1875.

Tabelle IV.

Stabgruppe	Stab- zeichen	Stabkräfte				$M =$ ${}^o\mathfrak{S} + {}^zS + {}^vS_{\max}$	$N =$ ${}^o\mathfrak{S} + {}^zS + {}^vS_{\min}$	$U = M - N =$ ${}^vS_{\max} - {}^vS_{\min}$	$\varphi = \frac{N}{U}$	σ	${}^gS =$ $\sigma \cdot U$ (t)	$W = \frac{{}^gS}{\gamma}$ ($\mathfrak{S} = 160 \text{ t/qdm}$) (qdm)
		${}^o\mathfrak{S}$ (t)	${}^vS_{\max}$ (t)	${}^vS_{\min}$ (t)	${}^zS$ (t)							
Obergut	(III) - (IV)	-156,0	—	-304,5	-17,8	-173,8	-478,3	+304,5	-1,570	2,057	626,4	3,91
	(IV) - (V)	-162,5	—	-313,0	-18,9	-181,4	-494,4	+313,0	-1,580	2,065	646,3	4,04
Untergut	(3) - (4)	+136,5	+298,5	—	-17,8	+417,2	+118,7	+298,5	+0,398	1,920	573,1	3,58
	(4) - (5)	+156,0	+331,5	—	-18,9	+468,6	+137,1	+331,5	+0,414	1,932	640,5	4,00
Pfosten	(3) - (III)	-27,9	+7,5	-65,6	-17,8	-38,2	-111,3	+73,1	-1,523	2,018	147,5	0,92
	(4) - (IV)	-14,9	+8,3	-32,4	-36,7	-43,3	-84,0	+40,7	-2,064	2,484	101,1	0,63
	(5) - (V)	-8,4	—	-23,6	-37,8	-46,2	-69,8	+23,6	-2,958	3,320	78,4	0,49
Haupt- schrägen	(III) - (4)	+27,6	+62,4	-22,8	+25,2	+115,2	+30,0	+85,2	+0,353	1,886	160,7	1,00
	(IV) - (5)	+9,2	+39,9	-30,4	+26,7	+75,8	+5,5	+70,3	+0,078	1,697	119,3	0,75
Gegen- schrägen	(3) - (IV)	—	+6,6	-25,2	+25,2	+31,8	Null	+31,8	0	1,651	52,5	0,33
	(4) - (V)	—	+16,5	-26,7	+26,7	+43,2	Null	+43,2	0	1,651	71,3	0,45

die Tabelle IV ist mit der ersteren Annahme aufgestellt und es gilt sonach

$$\begin{aligned} A &= \bar{D} = +25,2 \text{ t}, \\ B &= \bar{C} = +26,7 \text{ t}. \end{aligned}$$

Es erübrigt noch diejenigen künstlichen Züge A_a , B_b , C_c und D_d zu berechnen, welche in die Gegenschrägen unmittelbar eingetragen werden müssen, damit in ihnen die Züge $\bar{A}$, $\bar{B}$, $\bar{C}$ und $\bar{D}$ ständig verbleiben. Zu diesem Behufe ist auf die Gleichungssätze (12), (13), (14) u. s. w. zurückzugehen und zu beachten, dass in Tabelle I das 100000fache der Werthe der Koeffizienten $\Sigma a\alpha r$, $\Sigma a\beta r$, ... u. s. w. enthalten ist; werden also die Werthe der Tabelle I unmittelbar benutzt, dann sind auch $\triangle_a$, $\triangle_b$, ... 100000fach zu nehmen. Es ergeben sich zunächst aus den von $\triangle_a$, $\triangle_b$, ... freien Gleichungen die Beziehungen:

$$\begin{aligned} A_b &= 0,0580 B_b; \\ \begin{cases} A_c &= 0,0580 B_c + 0,0041 C_c, \\ B_c &= 0,0709 C_c; \end{cases} \\ \begin{cases} A_d &= 0,0580 B_d - 0,0003 D_d, \\ B_d &= 0,0709 C_d + 0,0050 D_d, \\ C_d &= 0,0709 D_d. \end{cases} \end{aligned}$$

Mit den Koeffizienten in diesen Beziehungen und wegen $\mu_a = 1$, $\nu_b = 1$ u. s. w. geht aus dem Gleichungssatz (16) hervor:

Civilingenieur XLI.

$$\begin{cases} \bar{A} = A_a - 0,0580 B_b + 0,0041 C_c - 0,0003 D_d, \\ \bar{B} = B_b - 0,0709 C_c + 0,0050 D_d, \\ \bar{C} = C_c - 0,0709 D_d, \\ \bar{D} = D_d. \end{cases}$$

Die leicht zu bewirkende Auflösung dieser Gleichungen führt zu den Endergebnissen, die wir in jener Ordnung ansetzen, wie sie erhalten werden.

$$\begin{cases} D_d = \bar{D}, \\ C_c = \bar{C} + 0,0709 \bar{D}, \\ B_b = \bar{B} + 0,0709 \bar{C}, \\ A_a = \bar{A} + 0,0580 B_b. \end{cases}$$

Diese Ergebnisse lehren, dass sich der Einfluss der künstlich eingetragenen Spannkraft eines Faches in angebarer Weise nur noch auf das unmittelbar vorhergehende Fach erstreckt und bezüglich der weiter zurückliegenden Fache verschwindend ist.

Erfolgt die künstliche Anspannung nicht derart, dass ein gemessener Zug eingetragen wird, vielmehr so, dass die entsprechende Verkürzung der Gegenschrägen unmittelbar gemessen wird, dann sind nach Berechnung der A_a , B_b , C_c , ... die zugehörigen Werthe $\triangle_a$, $\triangle_b$, $\triangle_c$, ... zu suchen. Bei dem durchgerechneten Beispiel gelten hierfür die Beziehungen

$$\begin{cases} A_a = -0,0056 \Delta_a \cdot 100\,000, \\ B_b = -0,0068 \Delta_b \cdot 100\,000, \\ C_c = -0,0069 \Delta_c \cdot 100\,000, \\ D_d = -0,0056 \Delta_d \cdot 100\,000. \end{cases}$$

Mit den aus der Tabelle IV bekannten Werthen von $\bar{A}$, $\bar{B}$, $\bar{C}$ und $\bar{D}$ erlangt man für die, den Gegenschrägen unmittelbar zu ertheilenden Zugkräfte die Beträge

$$\begin{aligned} A_a &= +26,7 \text{ t}, \\ B_b &= +28,6 \text{ „}, \\ C_c &= +28,5 \text{ „}, \\ D_d &= +25,2 \text{ „}. \end{aligned}$$

Die zugehörigen Verkürzungen Δ_a , Δ_b , ... sind aus den zuletzt angesetzten Bestimmungsgleichungen erhältlich und betragen

$$\begin{aligned} \Delta_a &= -0,048 \text{ mm}, \\ \Delta_b &= -0,042 \text{ „}, \\ \Delta_c &= -0,041 \text{ „}, \\ \Delta_d &= -0,045 \text{ „}. \end{aligned}$$

Nach dem Abschluss dieser Berechnung war die Berichtigung der Querschnitte vorzunehmen, die sich jedoch auf die Schrägen in der Wechselstrecke beschränken konnte. Die Eisenzugflächen der Gurtungen änderten sich beim Eingehen auf das zusammengesetzte Fachwerk nur wenig, weshalb deren Querschnitte beibehalten werden konnten; auch die Pfostenquerschnitte wurden, und zwar aus konstruktiven Gründen, nicht geändert, da die Pfosten massiv und für den Anschluss der Bahnquerträger auszubilden waren. Ähnliches dürfte auch in anderen Fällen künstlich gespannter Fachwerke statthaben. Eine neuerliche Vornahme der Berechnung bei Einführung der geänderten Querschnitte würde hier und in verwandten Fällen nach dem Gesagten praktisch belanglose Unterschiede der Eisenzugflächen und Querschnitte ergeben.

Näherungsberechnungen.

Das im vorhergehenden Abschnitte behandelte Beispiel giebt ein Bild von der Umständlichkeit der Berechnung bei Anwendung der strengen Theorie auf das Fachwerk mit künstlich gespannten Gliedern. Allerdings kann die Rechnung nach dem am Schluss jenes Abschnittes Gesagten insoweit beschränkt werden, dass einzig die Eisenzugflächen der Schrägen und die künstlich einzutragenden Züge gesucht werden; doch bleibt das Verfahren auch dann noch umständlich. Es wurde nun auf mehrfache Weise versucht, zu einem Näherungsverfahren zu gelangen, doch zeigten sich die Ergebnisse der angenäherten Berechnung beim vorliegenden Beispiele als wenig brauchbar.

Wenn man die gegenseitige Beeinflussung der Kräfte A , B , C , ... vernachlässigt, dieselben also aus der Formänderung des einzelnen Faches bestimmt, dann entfallen im Gleichungssatz (10) diejenigen Koeffizienten der Unbekannten, in welchen Produkte verschiedener Grösse α , β , γ , ... enthalten sind, sodass jene Gleichungen die Form annehmen:

$$\begin{cases} 0 = \sum \alpha \mu s + \sum \xi \alpha r + A \cdot \sum \alpha^2 r, \\ 0 = \sum \beta \mu s + \sum \xi \beta r + B \cdot \sum \beta^2 r, \\ \dots \end{cases} \quad (17)$$

Die Unbekannten sind nunmehr aus den einzelnen Gleichungen für sich bestimmbar, womit sich der Berechnungsvorgang erheblich vereinfacht. Die bestimmten Längenänderungen Δ_a , Δ_b , Δ_c , ... entsprechenden Kräfte der Gegenschrägen üben auf die Nachbarfäche keine Wirkung, sodass

$$\begin{cases} A_a = A, \\ B_b = B, \\ \dots \end{cases} \quad (18)$$

gilt und es dienen zu ihrer Bestimmung die Gleichungen

$$\begin{cases} 0 = \Delta_a + \bar{A} \cdot \sum \alpha^2 r, \\ 0 = \Delta_b + \bar{B} \cdot \sum \beta^2 r, \\ \dots \end{cases} \quad (19)$$

Dieser Weg zur Bestimmung angenäherter Werthe für A , B , C , ... ist, wie sich der Leser erinnern wird, behufs Umgehung einer Auflösung der Gleichungen (10) eingeschlagen worden. Die mit der vorstehenden Annäherung erhältlichen Werthe der Eisenzugflächen zeigen bei den Schrägen Unterschiede bis zu 10 pCt der genauen Werthe.

Da die Gleichungen (17) aus der Formänderung des einzelnen Faches stammen, also nur insoweit vom Charakter des Fachwerks (Form und Stützung) abhängen, als hierdurch die Werthe ξ bedingt sind, so gelten sie als Annäherung bei beliebig gearteten Tragwerken. Bei Bogenbrücken, woselbst die Pfosten aus konstruktiven Gründen häufig Querschnitte erhalten, die jene der Schrägen weitaus überwiegen, führen die Gleichungen (17) zu besser übereinstimmenden Werthen für die Eisenzugflächen der Schrägen. Bei Bogenträgern geht man oft noch weiter, indem man die Schrägenkräfte unter Voraussetzung starrer Gurte und Pfosten ableitet.

Mit der letzteren Annahme ist die Aufschliessung der Summen in (17) und (19) auch bei beliebiger Gestalt des Faches leicht durchführbar. Zu diesem Behufe greifen wir auf Fig. 4 und 5 zurück, von denen die erstere als ein Fach beliebiger Form, die letztere als der zugehörige Kräfteplan für den Angriff der Gegenkräfte $\pm$ Eins am Orte der Schräge d' gedacht werden kann. Wegen der geometrischen Ähnlichkeit beider Figuren gilt

$$\frac{a}{a'} = \frac{d}{d'},$$

und da $a' = 1$ ist,

$$a = \frac{d}{d'}.$$

Sind nun F und F' die Vollquerschnitte der beiden Schrägen und — bei Annahme einer willkürlichen Belastung — D und D' ihre Stabkräfte, endlich $\mathfrak{D}$ die Stabkraft von d , falls d' beseitigt wäre, dann ergibt sich aus (17) die aufgeschlossene Form

$$0 = \mathfrak{D} \cdot a \cdot \frac{d}{FE} + D' \cdot \left(a^2 \cdot \frac{d}{FE} + a'^2 \cdot \frac{d'}{F'E} \right),$$

wobei an die Bedeutung von r gemäss Gl. (6) erinnert sei. Aus der letzteren Bestimmungsgleichung ergibt sich leicht

$$D' = -\mathfrak{D} \cdot \frac{\left(\frac{d}{d'}\right)^2 \cdot \frac{F'}{F}}{1 + \left(\frac{d}{d'}\right)^3 \cdot \frac{F'}{F}} \quad (20),$$

und hiermit, wegen $D = \mathfrak{D} + \alpha \cdot D'$,

$$D = +\mathfrak{D} \cdot \frac{1}{1 + \left(\frac{d}{d'}\right)^3 \cdot \frac{F'}{F}} \quad (21);$$

das Verhältniss der Schrägenkräfte eines Faches ist demnach

$$\frac{D'}{D} = -\left(\frac{d}{d'}\right)^2 \cdot \frac{F'}{F} \quad (22).$$

Die Aufschliessung einer Gleichung (19) liefert zunächst

$$0 = \Delta' + \bar{D}' \cdot \left\{ \alpha^2 \cdot \frac{d}{FE} + \alpha' \cdot \frac{d'}{F'E} \right\}$$

woraus unschwer

$$\bar{D}' = -\frac{\Delta'}{d'} \cdot F'E \cdot \frac{1}{1 + \left(\frac{d}{d'}\right)^3 \cdot \frac{F'}{F}} \quad (23)$$

gewonnen wird.

Die Ergebnisse Gl. (20) bis (23) gelten nach dem Früheren als Näherung bei jedem Tragsystem. Sie vereinfachen sich im Besonderen beim Parallel- und Pauliträger wegen $d = d'$; bei dem Letzteren ist zudem $F = F'$ einzuführen, da hier die beiden Schrägen eines Faches dieselbe Querschnittsfläche erhalten können; es gilt somit für den Pauliträger

$$\left. \begin{aligned} D &= +\frac{\mathfrak{D}}{2}, \\ D' &= -\frac{\mathfrak{D}}{2}, \\ D' &= -\frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta'}{d} \cdot FE \end{aligned} \right\} \quad (24)$$

Von diesen letzten Beziehungen ist, wie dem Leser aus dem allgemeinen Theil erinnerlich ist, bei Rekonstruktion der alten Paulibrücken Gebrauch gemacht worden.

Werden beim Parallelträger den Zeichen D und D' der Schrägenkräfte eines Faches bei Bezugnahme auf die Wirkung der Brückeneigenlast, der künstlichen Anspannung und der Verkehrslast die Zeiger α , z , und v beigesetzt, und wählt man die abkürzende Bezeichnung

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{1 + \frac{F'}{F}} &= z \\ \frac{F'}{F} &= 1 - z \end{aligned} \right\} \quad (25)$$

dann lauten die Ausdrücke für diese Kräfte:

$$\left. \begin{aligned} {}^oD &= {}^o\mathfrak{D}, \\ {}^zD &= -{}^vD' \min = (1 - z) \cdot {}^v\mathfrak{D} \max, \\ {}^vD \max &= z \cdot {}^v\mathfrak{D} \max, \\ {}^vD \min &= z \cdot {}^v\mathfrak{D} \min, \end{aligned} \right\} \text{Haupt-} \text{schräge} \quad (26)$$

$$\left. \begin{aligned} {}^oD' &= 0, \\ {}^zD' &= -{}^vD' \min = (1 - z) \cdot {}^v\mathfrak{D} \max, \\ {}^vD' \max &= -(1 - z) \cdot {}^v\mathfrak{D} \min, \\ {}^vD' \min &= -(1 - z) \cdot {}^v\mathfrak{D} \max, \end{aligned} \right\} \text{Gegen-} \text{schräge} \quad (27)$$

Hierbei verweisen wir auf Gl. (20) und (21) und bemerken, dass — wie es ausreichend richtig ist — für Haupt- und Gegenschräge die gleichen, ungünstigsten Einstellungen des Lastenzuges angenommen sind; der Betrag des in beiden Schrägen gleichen künstlichen Zuges entspricht, wie nothwendig, der Grösse ${}^vD' \min$. Die Ableitung der Eisenzugflächen betreffend, verweisen wir auf Tabelle IV.

Um nun zu einem Vergleich der, im genauen Verfahren und bei diesem zweiten Näherungswege erhältlichen Rechnungswerthe zu gelangen, ziehen wir die Schrägen (III) — (4) und (3) — (IV), vgl. Fig. 6, in Betracht. Es ergab die statische Berechnung bei alleinigem Vorhandensein der Hauptschräge (III) — (4) die Stabkräfte

$$\begin{aligned} {}^o\mathfrak{D} &= +27,6 \text{ t}, \\ {}^v\mathfrak{D} \max &= +87,6 \text{ „}, \\ {}^v\mathfrak{D} \min &= -29,4 \text{ „}. \end{aligned}$$

Die Querschnittsflächen dieser Stäbe entnehmen wir der Tabelle I als

$$\begin{aligned} F &= 1,46 \text{ dm}^2, \\ F' &= 0,38 \text{ „}; \end{aligned}$$

hiermit wird $z = 0,793$ und $(1 - z) = 0,207$. Mit den vorstehend angegebenen und berechneten Werthen ergeben sich die eingrenzenden Kräfte der Hauptschräge

$$\begin{aligned} M &= +115,2 \text{ t}, \\ N &= +22,4 \text{ „}, \end{aligned}$$

und hieraus

$$U = M - N = +92,8 \text{ t},$$

sodass zu Folge

$$q = \frac{N}{U} = +0,241,$$

also

$$\sigma = 1,804,$$

die Eisenzugfläche der Hauptschräge

$$W = \frac{\sigma \cdot U}{\gamma} = \frac{1,804 \cdot 92,8}{160} = 1,05 \text{ dm}^2 \quad (+)$$

wird; für die Gegenschräge wird

$$\begin{aligned} M' &= +24,1 \text{ t}, \\ N' &= 0, \end{aligned}$$

somit $U' = +24,1 \text{ t}$ und (wegen $q = 0$, also

$$\sigma = 1,651) \quad W' = 0,25 \text{ dm}^2 \quad (+)$$

Der Vergleich der hier erhaltenen Eisenzugflächen mit jenen des genauen Verfahrens lässt noch grössere Unterschiede erkennen, als sie der erste Näherungsweg ergab.

Merkwürdig gut stimmende Eisenzugflächen werden erhalten, wenn von den eingrenzenden Kräften:

$$\left. \begin{array}{l} M = {}^o\mathfrak{D} + {}^v\mathfrak{D} \max, \\ N = {}^o\mathfrak{D}, \\ M' = -\mathfrak{D} \min, \\ N' = 0, \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Haupt-} \\ \text{schräge} \\ \text{Gegen-} \\ \text{schräge} \end{array} \quad . \quad . \quad (28)$$

ausgegangen wird; hiernach wären Haupt- und Gegenschräge von einander unabhängig und so zu bemessen, als sei die Erstere der ständigen Last und der grössten positiven Scherkraft gegenüber allein vorhanden, indess die Letztere

die grösste negative Scherkraft übernimmt. Diese Annahme lässt sich natürlich in keiner Art begründen und es ist auch die Wirkung der beiden Schrägen thatsächlich eine ganz andere; sie ergibt aber gut übereinstimmende Werthe, wie die folgenden Ausrechnungen bei Vergleich mit Tabelle IV zeigen:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Schräge (III) — (4) } W = 1,02 \, dm^2, \\ \text{„ (3) — (IV) } W' = 0,30 \, \text{„} ; \\ \text{Schräge (IV) — (5) } W = 0,72 \, \text{„} , \\ \text{„ (4) — (V) } W' = 0,42 \, \text{„} . \end{array} \right.$$

Ueber Strassenbahnbetrieb mittelst Gasmotor-Wagen („System Lührig“) auf der Strecke Dresden-Wilder Mann (Dresden-Radeburger Staatsstrasse).

Von **G. Grosch**, Dresden.

(Hierzu Tafel XIX und XX.)

Rasche und billige Verkehrsmittel innerhalb der Städte und zwischen Vororten sind s. Zt. ein dringendes Bedürfniss in fast allen Kulturländern.

In Deutschland ist es jetzt 28 Jahre her, dass die erste Pferdebahn (Berlin-Charlottenburg) eröffnet wurde; seit dieser Zeit ist das Strassenbahnwesen von weittragender und einschneidender Bedeutung, besonders für dichtbevölkerte grössere und mittlere Städte und Landgegenden geworden; fast überall sind die Strassenbahnen ein Lebens-
element, ein dringendes Bedürfniss für alle Schichten der Bevölkerung geworden; Reich und Arm, Hoch und Niedrig, allen sind sie unentbehrlich.

Und doch hat sich das Strassenbahnwesen in den letzten Jahrzehnten in vielen Städten Deutschlands keineswegs in besonderer Weise entwickeln können, da bis vor wenigen Jahren als Betriebskraft für Strassenbahnen allein die thierische in Frage kam; der Hauptgrund lag in der Kostspieligkeit des Betriebes durch Pferde. Abgesehen von den hohen Kosten hat dieser Betrieb aber auch gesundheitliche Nachtheile, namentlich in Folge der Verunreinigung der Strassen-Halteplätze und Pferdewechsel-Stellen; die durch die Pferdehufe bewirkte Abnutzung der Fahrbahn und der dadurch erzeugte schädliche Strassenstaub, das Aufwirbeln desselben und das Geklapper der Hufe sind für die Strassenbauverwaltung und das Publikum eine gleichfalls unangenehme Zugabe.

Man ist deshalb in den letzten Jahren eifrig bestrebt gewesen, den thierischen Betrieb durch einen weniger kostspieligen Betrieb durch Elementarkraft zu ersetzen, der allen billigen Ansprüchen an eine gute Strassenbahn zu genügen im Stande ist. In der Verbesserung der bewegenden Kräfte hat sich Amerika besonders hervorgethan.

Zunächst verwendete man die Dampfkraft in der Form von Strassenlokomotiven; es geschah dies auf einigen Bahnen für Aussenstrecken grösserer Städte, z. B. München, Nymphenburg, München-Schwabing, Kassel-Wilhelmshöhe, Krefeld-Hüls, Hamburg-Wandsbeck.

Die Einführung des Dampfbetriebes in die Strassen der grossen Städte stiess aber naturgemäss auf bedeutende Schwierigkeiten. Eine Dampflokomotive mit den angehängten Tramwagen muss mehr oder weniger den Charakter eines

Eisenbahnzuges haben und ist deshalb in den Strassen einer Stadt nicht am Platze, auch ist die Belästigung durch Rauch und Dampf, Asche und Funken durch die bis jetzt bekannten Verhütungsvorrichtungen nicht vollständig zu beseitigen.

An anderen Versuchen, das Problem, wie der Verkehr in Städten am zweckmässigsten zu bewältigen ist, zu lösen, hat es nicht gefehlt, und sei nur an die Honigmann'sche Natronlokomotive, an Francq's Heisswasserlokomotive und an die verschiedenen Wagen mit Benzin- oder Petroleum-Motoren erinnert. In allen diesen Fällen muss die ganze maschinelle Einrichtung mehr oder weniger den Charakter der Lokomotiven annehmen. Es können somit nur in einzelnen Punkten, nicht aber im Grossen und Ganzen die Uebelstände des Dampfbetriebes vermieden werden.

In technischer Hinsicht sehr vollkommen ist der elektrische Betrieb für Strassenbahnen.*)

Die elektrischen Strassenbahnen zerfallen in zwei Hauptgruppen, a) in Strassenbahnen, welche mit Lokalstrom arbeiten und b) in Strassenbahnen, die ihren Kraftstrom von einer von den Gleisen mehr oder weniger weit entfernt liegenden Zentralstation erhalten.

Bei den elektrischen Bahnen mit oberirdischer Stromzuführung unterscheidet man:

- 1) Hin- und Rückleitung in den Fahrschienen;
- 2) Hinleitung in einer Extraschiene und Rückleitung in den Fahrschienen;
- 3) Hin- und Rückleitung in eigens in der Luft gezogenen Drähten und
- 4) Hinleitung durch einen in der Luft gespannten Draht und Rückleitung durch die Schienen.

*) Nach einer Mittheilung aus dem Patentbureau der Elektrotechnischen Rundschau 1895 Nr. 17 beträgt die Zahl der im regelmässigen Betriebe befindlichen, elektrisch betriebenen Strassenbahnwagen auf dem europäischen Erdtheile nahezu 1100. Die Zahl der von den feststehenden Betriebsmaschinen entwickelten Pferdestärken wird auf 20 000, die Länge der betriebenen Linien auf 643 Kilometer geschätzt. In allernächster Zeit sollen aber noch 500 Motorwagen, 12 000 Pferdestärken und 563 Kilometer zu den angegebenen Zahlen hinzukommen.

Das zuletzt genannte System hat die weiteste Verbreitung gewonnen; der Hauptvortheil desselben liegt in der Billigkeit desselben.

Die elektrischen Strassenbahnen mit unterirdischer Stromzuführung sind bis jetzt nur sehr wenig verbreitet, da die Anlage bisher zu kostspielig war (für 1 km ca. 80000 $\mathcal{M}$); dieselbe wird nur da angewendet werden, wo eine oberirdische Leitung nicht gestattet oder aus irgend welchen anderen Gründen unmöglich ist. Die grösste derartige Bahn hat z. Zt. Budapest.

Der elektrische Strassenbahnbetrieb ist namentlich in Nordamerika und in neuerer Zeit auch in Deutschland in ausserordentlicher Weise verbreitet. Ende 1894 gab es in den Vereinigten Staaten 22849 elektrisch betriebene Strassenbahnwagen und 14413 km elektrisch betriebene Gleise. Das gesammte, in elektrischen Bahnen dort angelegte Kapital beträgt ungefähr 1000 Millionen $\mathcal{M}$. Die Zunahme der Gleislänge gegenüber dem Jahre 1894 stellt sich auf 2338 km, die Vermehrung der Wagen auf 5721; diese Fortschritte fallen um so mehr ins Gewicht, als man den geschäftlichen Niedergang in Betracht zu ziehen hat, unter welchem die Vereinigten Staaten schon seit nahezu zwei Jahren leiden.

Die Gesamtlänge der sämtlichen Strassenbahnen — gleichviel ob mit thierischer oder elementarer Zugkraft — betrug Ende 1893 19600 km und die Zahl der Wagen 39499.

Es werden hiernach in den Vereinigten Staaten etwa zwei Drittel aller Strassenbahn-Linien elektrisch betrieben, ein Fortschritt, der sich fast ganz auf die letzten vier Jahre erstreckt. *)

Erst in den letzten Jahren sind in einer Anzahl deutscher Städte Strassenbahnen elektrisch betrieben worden, so in Frankfurt a. M., Halle, Gera, Bremen, Hannover, Dresden, Chemnitz, Gotha, Erfurt, Remscheid, Essen und Lübeck (im Ganzen über 340 km), dieselben werden mit 555 Motorwagen befahren; die gesammte auf die Kraftstationen eingestellte Betriebskraft beträgt 9500 PS. Die älteste elektrische Bahn in Deutschland ist jene in Lichterfelde bei Berlin, welche im Jahre 1881 von der Firma Siemens & Halske erbaut wurde. Die grösste elektrische Bahnanlage besitzt Hamburg mit 147 Gleiskilometern.

In neuester Zeit tritt nun mit dem elektrischen Betriebe der Strassenbahnbetrieb mittelst Gasmotorwagen erfolgreich in Wettbewerb.

Bis vor Kurzem wurden zwei Systeme von Strassenbahnwagen für den Betrieb mit Gasmotoren gebaut. Es waren in Vevey von der Firma Guiliéron & Anrein daselbst Wagen für die 5 km lange Strecke Neuchâtel — St. Blaise **) hergestellt worden. Bei diesen Wagen stand unter der einen Plattform eine Zwillingmaschine von etwa 8 PS., welche auf eine unter dem Wagenboden liegende Trieb-

welle arbeitet. Diese Wagen haben sich jedoch nicht bewährt und ist der Betrieb mit denselben wieder eingestellt worden.

Das zweite System, nach dem Gasmotorwagen z. Zt. gebaut werden, ist unter dem Namen „System Lührig“ bekannt geworden.

Der Gedanke, das Gas als treibende Kraft zur Fortbewegung von Fahrzeugen, insbesondere von Strassenbahnwagen, zu verwenden, ist nahezu so alt, als Strassenbahnen überhaupt im Betriebe sind; es wurden in dieser Hinsicht viele Versuche gemacht, deren Ergebnisse in verschiedenen Staaten patentirt wurden, so z. B. durch Capitaine, Oscar Blessing (Leipzig), Conelly (Chicago) u. A.; alle diese Versuche führten jedoch bis vor kurzer Zeit noch zu keinem praktischen Erfolg und nur Conelly gelang es, eine Lokomotive mit Gaskraftmaschine in Betrieb zu halten und dieselbe allmählich soweit zu verbessern, dass diese Lokomotive als Vorspann vor Strassenbahnwagen einige Verwendung gefunden hat.

Den unausgesetzten, rastlosen Bemühungen der Mitarbeiter Lührigs (der im Frühjahr 1893 starb), der Herren Strassenbahn-Direktor Stössner, Ingenieur Schwab und Prawatke ist es endlich gelungen, einen Gasmotorwagen zu konstruiren, welcher in letzter Zeit das Interesse auf sich gezogen hat und der berufen erscheint, mit Erfolg im Strassenbahnwesen eine grosse Rolle zu spielen.

Mit einem solchen Wagen wurden auf Ansuchen der Deutschen Strassenbahn-Gesellschaft am 27. Juli 1894 vor den zuständigen Behörden Probefahrten auf der Linie Dresden (Albertplatz)-Wilder Mann (vgl. den Lageplan Fig. 1) vorgenommen, deren Ergebnisse rücksichtlich der Bauart und Betriebseinrichtungen in jeder Hinsicht befriedigten, so dass die behördliche Genehmigung zur Inbetriebstellung dieser Gasmotorwagen auf der fraglichen Linie ertheilt wurde.

Inzwischen hatte sich in Dessau eine Aktiengesellschaft gebildet zur Anlage einer Strassenbahn mit Gasbetrieb. Diese Bahn kam auch bald, nachdem die Genehmigung der herzoglichen Staatsregierung ertheilt war, zur Ausführung und wurde am 15. November 1894 dem öffentlichen Verkehr übergeben. Dieselbe führt durch die Hauptstrassen von Dessau, dicht an den Schlössern der höchsten Herrschaften vorbei und hat sich in der kurzen Zeit ihres Bestehens die Beliebtheit im Publikum derart erworben, dass gegenwärtig lebhaft am weiteren Ausbau des Bahnnetzes gearbeitet und um die Genehmigung weiterer Linien mit Gasmotor-Betrieb nachgesucht wird.

Ueber die Entwicklung in der Konstruktion der gegenwärtig im Betrieb befindlichen Gasmotorwagen seit den ersten Anfängen ist zu erwähnen, dass zu den ersten von Oskar Blessing gemachten Versuchen ein alter ausrangirter Bahnwagen, in welchem die Gasmotoren mit Triebwerk eingebaut waren, verwendet wurde. Die Gasbehälter befanden sich auf dem Verdeck (s. Figur 2), da unterhalb des Wagens der ganze Raum von dem umfangreichen Triebwerk, einer Friktionskuppelung zum Antrieb und zwei Klauenkuppelungen zum Vor- und Rückwärtsfahren, in Anspruch genommen wurde. Der Wagen hatte dadurch ein sehr schwerfüßiges Aussehen erhalten und erwies sich auch, besonders durch

*) Seitdem die Wagen elektrisch und daher rascher als bisher fortbewegt werden, wenden sich auch die besser gestellten Klassen der Bevölkerung mehr und mehr dem Bahntransport zu und stellen dadurch der Strassenbahn einen grossen Theil neuer Fahrgäste.

**) Vergl. die Mittheilung des Ingenieurs Stucker über das Projekt einer Strassenbahn von Neuchâtel nach St. Blaise im Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung 1893.

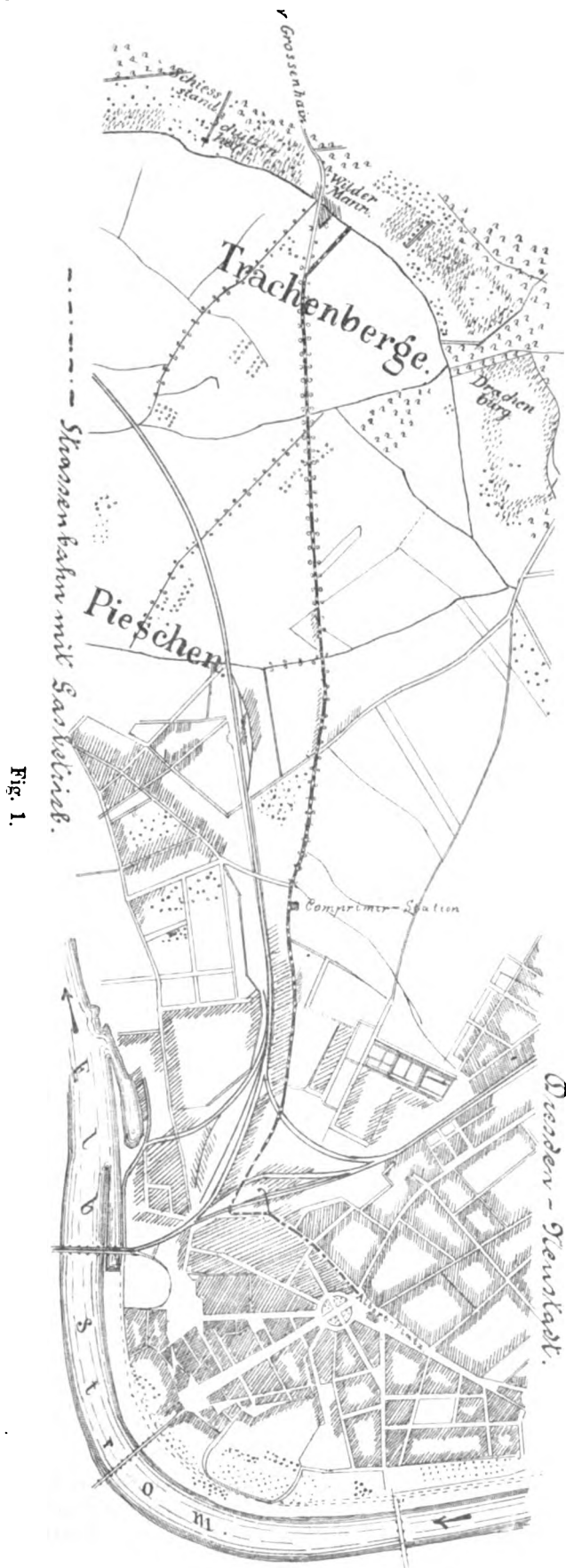


Fig. 1.

die erschwerte Steuerung und das übermässig grosse todtte Gewicht, im praktischen Betriebe als ganz unbrauchbar.

Trotz dieses wenig ermutigenden Erfolges hatte der Ingenieur Schwab, der den bezüglichen Versuchen Blessings zur Herstellung eines Strassenbahnwagens mit Gasmotorbetrieb mit Interesse und finanzieller Beihilfe gefolgt war, wohl erkannt, dass mit Ausdauer eine befriedigende Lösung dieser Aufgabe möglich sei. Zu diesem Behufe bildete er eine Gesellschaft, welche eine Werkstatt zum ausschliesslichen Bau von Gasmotorwagen errichtete und es entstand bald ein soweit verbesserter Wagen, dass Patente für denselben ertheilt und endlich befriedigende Versuchsfahrten gemacht werden konnten.

Doch auch dieser Wagen hatte noch so erhebliche Mängel, dass an einen Betrieb ausserhalb des Fabrikgrundstückes nicht gedacht werden konnte.

Die hauptsächlichsten Nachtheile dieses Wagens bestanden darin, dass die beiden stehenden Motoren das Innere desselben beeinträchtigten (s. Tafel XIX), dass das Anfahren Stösse verursachte, dass beim Stillstand der Wagen in Folge Leerlaufs der Maschinen in starke Schwingungen versetzt wurde, und dass endlich, trotzdem die Gehäuse der Maschinen und des Triebwerkes mit Filz und Asbest verkleidet waren, dennoch viel Geräusch entstand und durch den Auspuß auch ein übler Geruch wahrnehmbar war. Das Aeussere dieses Wagens hatte allerdings durch Anordnung der Gasbehälter unter dem Fussboden viel gewonnen, doch war derselbe in Folge der sonstigen, oben erwähnten Nachtheile immer noch unbrauchbar. Ein bedeutender Fortschritt wurde erst mit der folgenden Wagenform erreicht, bei welcher zwei liegende, je zweizylindrige Motoren unter den Sitzbänken derart angebracht waren, dass im Innern kein nutzbarer Raum verloren ging und der Wagen dadurch dem Aussehen nach einem gewöhnlichen Pferdebahn- oder elektrisch betriebenen Wagen wieder näher kam.

Dieser Wagen bot Raum für 20 Sitz- und ebensoviel Stehplätze und war 8 m lang. Der Wagen war in dieser aussergewöhnlichen Grösse für England gebaut worden und wurde jedoch in Folge seines bedeutenden Gewichtes von 5,6 t bald ausser Betrieb gesetzt, da er die Gleise unverhältnissmässig beanspruchte.

Lührig war inzwischen verstorben und seine Mittheilhaber setzten die Bemühungen in der Vervollkommnung der Gasmotorwagen nunmehr allein fort, brachten es auch bald mit der Wagenform (Tafel XX) zu einem ersten praktischen Erfolg, indem die gut bestandenen mehrmonatlichen Probefahrten des ersten Wagens auf der Linie Thomson Heath bei London, auf welcher Steigungen von 1:17 zu überwinden sind, dahin führten, dass eine englische Gesellschaft die bezüglichen Patente käuflich erwarb und hierauf eine Aktien-Gesellschaft unter dem Namen „The Gas Traction Comp. Ltd. in London und Dresden“ zur weiteren Verwerthung des Unternehmens gegründet wurde.

Nach dem Modell (Tafel XX) wurden in Dresden noch weitere vier Wagen gebaut und nach der oben erwähnten, am 27. Juli 1894 erfolgten Probefahrt, sowie nach behördlicher Genehmigung auf der Linie Dresden (Albertplatz)-Wilder Mann von der deutschen Strassenbahn-Gesellschaft in regelmässigen Betrieb genommen.

Zur Zeit erfolgt dieser Betrieb in Zwölfminutenverkehr als ein gemischter (Pferdebahn- und Gasmotorenwagen-Betrieb) — die Gaswagen sind in den regelmässigen Pferdebahnbetrieb hineingeschoben —, ohne dass die geringste Störung hieraus entstanden ist. Der Wagen hat 1,85 m Radstand bei 3,5 m Kastenlänge und 2,2 m Kastenbreite, wiegt leer ungefähr 5 t, hat 16 innere Sitzplätze und etwa 10 Stehplätze auf beiden Plattformen. Er besitzt eine Spurweite von 1,435 m und unterscheidet sich weder in seinem Innern noch äusserlich von einem gewöhnlichen Trambahnwagen; er ist im Innern geschmackvoll ausgestattet, mit grossen Fenstern und im Dachaufbau mit Lüftungsschiebern in üblicher Weise versehen und enthält zwischen den Bänken einen für den Verkehr ausreichend breiten Mittelgang; auf der einen Langseite des Wagens befinden sich in der Mitte derselben zwei Klapptüren, welche den

hat während der Fahrt nur den Bremsgriff und den die Geschwindigkeit regelnden Hebel zu bedienen.

Das Vorgelege wird durch eine wagerecht liegende 10pferdige Zwillingsmaschine aus der Fabrik von Otto in Deutz, welche anerkannt gute Maschinen liefert, angetrieben. Der unmittelbar durch die Expansion der verbrennenden Gase arbeitende Motor ist an der einen Längsseite des Wagengestelles angebracht und befindet sich seiner ganzen Länge nach unter den Sitzen.

Der Gasmotor besitzt ein vertikales Schwungrad *S* (s. Tafel XIX), welches hinter der Rücklehne der Wagensitze sich bewegt, und macht während der Fahrt 250, während des Stillstandes des Wagens, soweit er nicht durch eine vom Führerstande aus zu handhabende Vorrichtung abgestellt ist, 80 Spiele in der Minute; bei längerem Aufenthalt wird der Motor abgestellt. Die ganze Be-

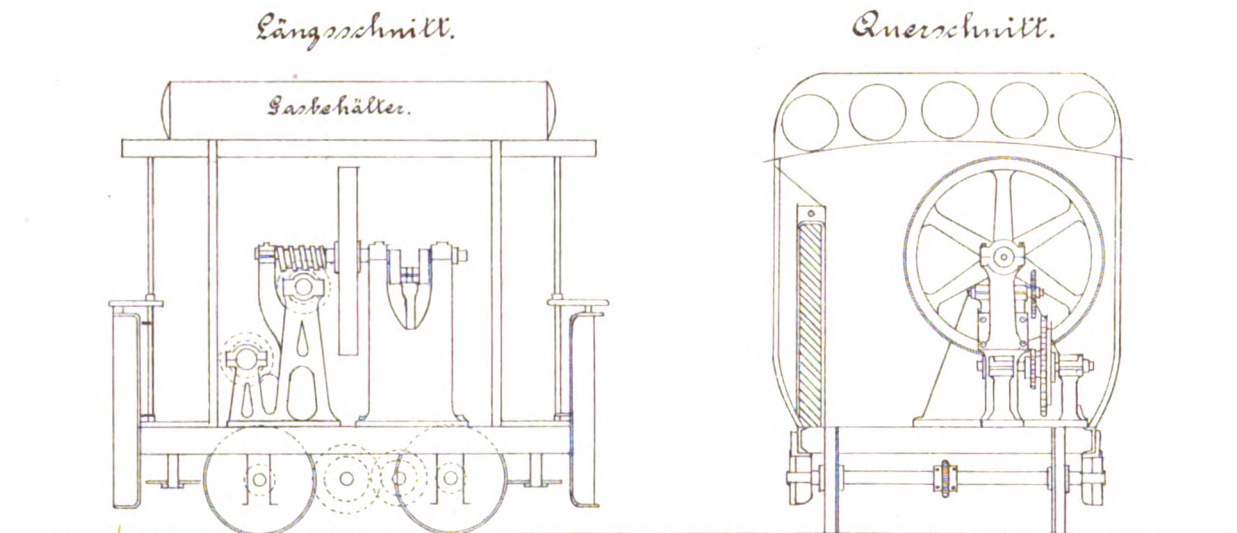


Fig. 2.

Zutritt zu der Maschine etc. vermitteln und die Ueberwachung derselben in allen ihren Theilen möglich machen. Die Wagen ruhen mit ihrem Oberbau auf einem schmiedeeisernen rahmenförmigen Gestell, das die vier Achslager enthält und in welches das Rädervorgelege zum Antrieb der Achsen eingebaut ist. Dieses Vorgelege, dessen Zahnräder aus Bronze- und Stahlguss hergestellt sind und so miteinander arbeiten, dass stets ein Bronzerad in ein Stahlrad eingreift, besitzt eine Kuppelung, welche vom Führerstande aus durch einen Hebel mit drei Stellungen in der Weise bedient wird, dass der Wagen entsprechend diesen drei Stellungen entweder mit mässiger oder mit grosser Geschwindigkeit fährt oder still steht. Die Fahrgeschwindigkeit ist innerhalb weiter Grenzen beliebig einstellbar. Durch einen zweiten auf dem Führerstande angebrachten Hebel ist man im Stande, die Rückwärtsfahrt des Wagens mittelst einer Klauenkuppelung in ebenfalls mässigem oder raschem Tempo zu bewirken. Die vom Führer des Gasmotorwagens verlangten Handgriffe sind nicht vielseitiger, als die bei elektrischen Wagen erforderlichen. Der Führer stellt bei Beginn der Fahrt einen Hebel auf Vorwärtsgang ein, und

triebseinrichtung ist vollständig verdeckt und bietet für das Publikum und die Fahrgäste keinerlei Gefahr.

Der Gasmotor *M* (s. Tafel XIX) besitzt zwei Zylinder C_1 und C_2 , welche parallel der Längsseite des Wagens in einer Linie unter der einen Sitzreihe beiderseits der Triebwelle *W* angeordnet sind. Die Motorwelle wird vom Gasmotor unmittelbar angetrieben und überträgt mittelst Zahnräder ihre Bewegung auf eine Zwischenwelle *Z*, auf der sich eine eigenartige, besonders patentirte Reibungskuppelung *R* befindet; je nachdem diese Kuppelung durch Vermittelung einer Hebelverbindung *H* vom Führerstande aus nach der einen oder anderen Seite eingerückt wird, erhält der Wagen eine stärkere oder geringere Geschwindigkeit. Beide Wagenachsen *A* erhalten mittelst Gall'scher Ketten und Kettenscheiben *K* ihren Antrieb. Der Betrieb der Maschine erfolgt durch ein Gemisch von Leuchtgas und Luft, welches nach seinem Eintritt in den Zylinder auf elektrischem Wege entzündet wird. Zur Herstellung dieses Gasgemisches, sowie zum rechtzeitigen Einlassen und Entzünden desselben und zum Einlassen der Verbrennungsprodukte dient eine Steuerung, welche aus einem Schieber, einem Einlassventil

und einem Auslassventil mit den zugehörigen Bewegungsmechanismen besteht. Der Aufstellungsraum der Gaskraftmaschine ist durch gut verlöthete Zinkbleche zur Abhaltung von Staub dicht abgeschlossen; im Innern des Wagens ist demgemäss von dem Motor nichts zu sehen und beim Betrieb weder das Geräusch der Maschine, noch der geringste Gasgeruch im Innern des Wagens bemerkbar; auch erfolgt das Anfahren der Wagen ohne Stoss.

Der Auspuff, welcher durch einen Topf mit einem Inhalt von Kieselsteinen und Knochenasche geleitet wird, erfolgt geruch- und geräuschlos, sowie fast unsichtbar oberhalb des Decks. Während des Stillstandes des Wagens vibriert derselbe bei laufender Maschine etwas, doch ist diese Schwingung für die Fahrgäste kaum wahrnehmbar.

Jeder Gasmotorwagen führt das für den Betrieb des Motors nöthige Gas in drei zylindrischen Behältern R_1 , R_2 und R_3 in verdichtetem Zustande (6–7 *Atm*) mit sich; zwei derselben liegen parallel den Achsen quer unter dem Wagenfussboden nahe der vorderen und hinteren Plattform, während der dritte Behälter, zum Gewichtsausgleich für den Motor, diesem gegenüber parallel der Längsseite unter den Sitzen angebracht ist. Diese Gasbehälter, welche den für die Fettgasbeleuchtung der Eisenbahnwagen verwendeten Zylindern gleichen, fallen nicht ins Auge, da sie mittelst durchbrochener Zinkbleche nach der Seite des Wagens verkleidet sind; diese Behälter sind mit einem im Innern des Wagens angebrachten Manometer verbunden, welcher den vorhandenen Ueberdruck jederzeit erkennen lässt; auch der Gasverbrauch lässt sich ohne Weiteres ablesen, indem dieser gleich dem Produkt: Druckdifferenz mal Inhalt der Gasbehälter ist. Es ist nicht unerwünscht, dass man diese Angabe über den Gasverbrauch nach vollendeter Fahrt jederzeit zur Verfügung hat. Der Gesamtinhalt der drei Zylinder beträgt 0,95 *cbm*. — Zur Verdichtung des Gases dient eine besondere Station (vgl. den Lageplan), in welcher das der Strassenleitung entnommene Leuchtgas verdichtet wird und welche mit sehr geringem Kraftbedarf arbeitet. Diese Station ist ein kleines, unauffälliges Häuschen und 5 *m* im Quadrat gross, worin ein mit einer Gaspumpe unmittelbar gekuppelter Gasmotor von 8 *PS* aufgestellt ist; derselbe vermag etwa 60 *cbm* Leuchtgas in einer Stunde auf 8–10 Atmosphären zusammenzupressen. An der Aussenseite des Häuschens sind unter einem Vordach zwei grosse kesselartige Sammelbehälter für das auf 8 Atmosphären verdichtete Gas, sowie zwei Kühlgefässe für den Motor untergebracht. Von dieser Station führt eine kurze unterirdische Leitung bis zum Gleise der Strassenbahn hin, woselbst durch eine hydrantartige Vorrichtung das verdichtete Gas entnommen werden kann. Dasselbe wird mittelst eines Gummischlauches, der mit einem an jedem Wagenende befindlichen Füllventil verbunden werden kann, in die Behälter geleitet. Die Füllventile stimmen mit dem an Eisenbahnwagen für die Gasbeleuchtung vorhandenen überein. Es ist dies eine Kraftstation von nicht zu übertreffender Einfachheit. Sind die Wagen mit verdichtetem Gas gefüllt, so können dieselben mit dieser Ladung eine Fahrt hin und her machen, worauf sie in der Kraftstation wieder gefüllt werden.

Die Füllung der drei Gasbehälter nimmt etwa eine Minute in Anspruch.

Civilingenieur XLI.

Zur Sicherheit des Betriebes sind die Gasbehälter hydraulisch mit einem Ueberdruck von 11 Atmosphären für einen höchsten Betriebsüberdruck von 6 Atmosphären geprüft worden. Der Gasmotorwagen gleicht in Bezug auf das Betriebsmittel dem Druckluftwagen (vgl. Veröffentlichung des Ingenieurs Lorenz in der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1893 über die mit einem Druck von 32 Atmosphären arbeitende Druckluftbahn in Bern); doch ist der Gasbetrieb günstiger, da in Steinkohlengas etwa die 15fache Energie wie in der gleichen Menge Druckluft von derselben Spannung aufgespeichert ist. Man kann daher bei dem Gasmotorenbetrieb kleinere Gasbehälter und geringeren Druck als beim Luftbetrieb anwenden. *)

Das Betriebsgas geht, ehe es aus den Behältern R_1 , R_2 und R_3 in die Maschine gelangt, durch Pintsch'sche Membran-Druckregulatoren, welche den Druck auf 30 bis 40 *mm* Wassersäule herabmindern. Um das Heisswerden der Gasmotoren zu verhindern, ist eine Wasserkühlvorrichtung angebracht, welche ähnlich wie bei Warmwasserheizungen dem Wasser einen Kreislauf giebt und es immer wieder abgekühlt dem Gasmotor zuführt; das erforderliche Kühlwasser kreist selbstthätig in Kupferrohrschlangen, die vom Wagenfussboden nach dem Wagendeck hinaufgeführt sind. Das nach oben ansteigende erwärmte Wasser kühlt sich auf dem Wagendeck ab und fällt von hier aus wieder nach den Gaszylindern des Motors. Der Kühlwasservorrath beträgt etwa 300 *l*. Ein Einfrieren des letzteren ist ausgeschlossen, da das Wasser so bedeutend erwärmt wird, dass es noch im Stande ist, durch das Schlangenrohr das Innere des Wagens zu heizen.

Die ruhige Fahrt und die angenehm erwärmten Wagen haben dem Unternehmen schnell die Zuneigung der Bevölkerung erworben. Bei sehr harter Kälte genügt etwas Glycerinzusatz, um das Einfrieren in den Schlangen zu verhüten. An dem höchsten Punkte ist diese Kühlvorrichtung mit einem Expansionsventil ausgestattet, um Zersprengungen der Rohre zu verhindern und frisches Wasser nachfüllen zu können. Diese Kupferrohre machen sich dem Auge in keiner Weise bemerklich, da sie unter den Decksitzen liegen.

*) Auf den Strecken Louvre-St. Cloud, Versailles und St. Augustin-Vincennes mit einer Gesamtlänge von 28 *km* hat die Omnibusgesellschaft in Paris in diesem Jahre eine Strassenbahn-Anlage mit Druckluftbetrieb nach System Mekarsky eingerichtet. Der Betrieb auf den beiden Linien nach St. Cloud und Versailles erfordert 23 Lokomotiven, von denen 15 im Verkehre stehen, zwei für die Ladung, drei als Ersatz und drei für Reparaturen verfügbar sind. Sie werden von einer in Boulogne-sur-Seine befindlichen Druckluftstation gespeist. Der tägliche Verkehr umfasst 3550 Wagen-Kilometer, was einer Leistung von 35 Wagen mit Pferdebetrieb gleichkommt. Da von letzteren jeder etwa 15 Pferde erfordert würde, so ersetzt jede Lokomotive im Betriebe 28 Pferde. Die Betriebskosten werden auf 27 Centimes per Strecken-Kilometer geschätzt. Auf der Linie nach Vincennes sind 24 mechanische Wagen verfügbar, welche selbstthätig arbeiten und sich bereits in Nantes gut bewährt haben; von ihnen stehen 18 im Verkehre, zwei dienen als Reserve und vier zu beliebiger Verwendung. Die Arbeitsleistung jedes dieser Wagen entspricht der von 20 Pferden und betragen die Betriebskosten auf dieser Strecke wegen grösserer Steigung 42 Centimes für den Zugs-Kilometer für die einzeln fahrenden mechanischen Wagen und 10 Centimes für den angehängten Wagen, folglich für jeden Strassenbahnzug mit zwei Wagen im Durchschnitte 26 Centimes für den Kilometer.

Die geschmackvoll gebauten Wagen (vgl. die nachfolgenden Schaubilder Fig. 3–5) erweisen sich als sehr zweckdienlich; sie sind mit sicher wirkenden Bremsen ausgestattet, mit welchen der in voller Fahrt begriffene Wagen rasch zum langsamen Fahren oder zum fast augenblicklichen Stillstand und sofortigen Rückwärtsgehen gebracht werden kann. Schutzgitter aus Bandeisen an der vorderen und hinteren Stirnwand des Wagens in geringem Abstand von der Strassenoberkante verhindern, dass Jemand überfahren werden kann.

Die Strecke, auf welcher diese Wagen verkehren, ist 4,4 km lang und bietet auf 144 m Länge eine Steigung von 1:22. Die Mitte dieser Steigung liegt in einer Kurve von 17 m Halbmesser; auf der ganzen Strecke hat

Gas-Strassenbahn in Dessau. (Ansicht der Motorwagen.)

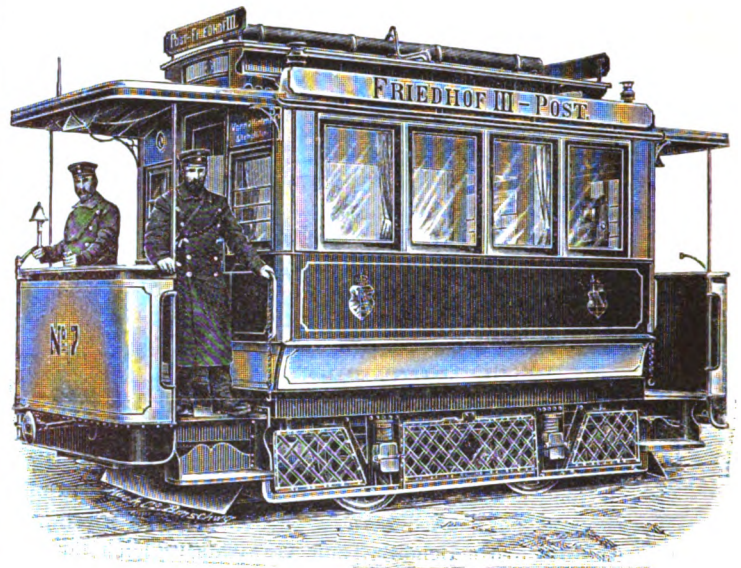


Fig. 5.

der Gasmotorwagen fünf Eisenbahngleise bei jeder Fahrt zu passiren; die Fahrzeit betrug im Anfang 26 Minuten, was ungefähr der Fahrgeschwindigkeit der Pferdebahn entspricht; zur Zeit wird die betreffende Strecke in 23 Minuten durchfahren.

Der Gasverbrauch beträgt nach den seit dem Tage der Betriebseröffnung angestellten Messungen, einschliesslich des zum Verdichten verwendeten Gases durchschnittlich 0,47 cbm per Wagenkilometer.

Die behördlich gestattete Höchstgeschwindigkeit beträgt 12 km in der Stunde = 3,33 in der Sekunde.

Die Wagen bieten eine den allgemeinen Anforderungen genügende Sicherheit des Baues und des Betriebes; die technische Leistungsfähigkeit des neuen Systemes hat sich vollständig bewährt, auch die wirthschaftlichen Ergebnisse sind dem Vernehmen nach sehr befriedigend gewesen.

Weitere Verbesserungen weisen die in Dessau*) im Betrieb befindlichen Gasmotorwagen auf; dieselben wurden nach den vorstehend beschriebenen, als Modell dienenden Wagen in den Werken der Gasmotorenfabrik Deutz und van der Zuijpen gebaut und zeichnen sich insbesondere durch solide Bauart, ruhigen, sicheren Gang und unsichtbaren Auspuff aus.

Die Strassenbahn in Dessau ist 4 km lang, besitzt 12 Wagen von je 12 Sitz- und 15 Stehplätzen; dieselben unterscheiden sich im Aeusseren gar nicht von einem gewöhnlichen Strassenbahn-Einspänner.

Die verwendeten Gasmotoren haben 7 Pferdestärken und 3 Gasbehälter, welche für 12 km Fahrt ausreichen.

Während im städtischen Verkehr in den letzten Jahren die elektrischen Strassenbahnen immer mehr die Oberhand gewonnen und andere Systeme nur in geringem Maasse Eingang gefunden haben, scheint es, als ob die Gasbahn nicht nur einen ehrenvollen Platz in der Reihe der motorischen Betriebe einnehmen, sondern unter gewissen gün-

*) Ztschr. d. V. d. Ing. 1895, S. 1009.

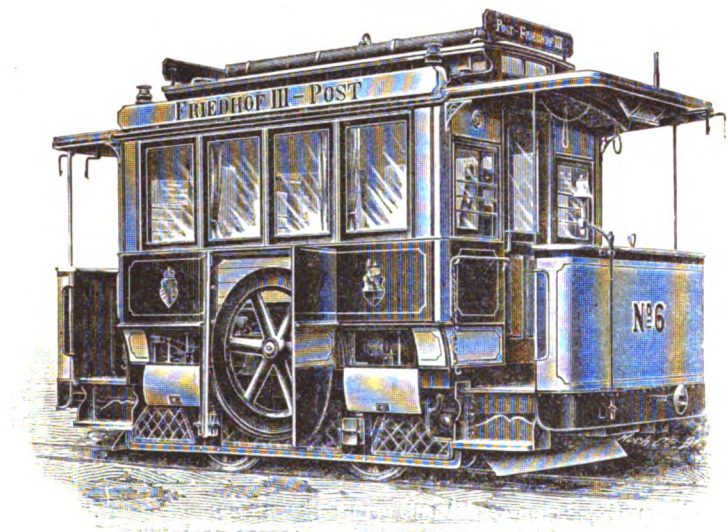


Fig. 3.

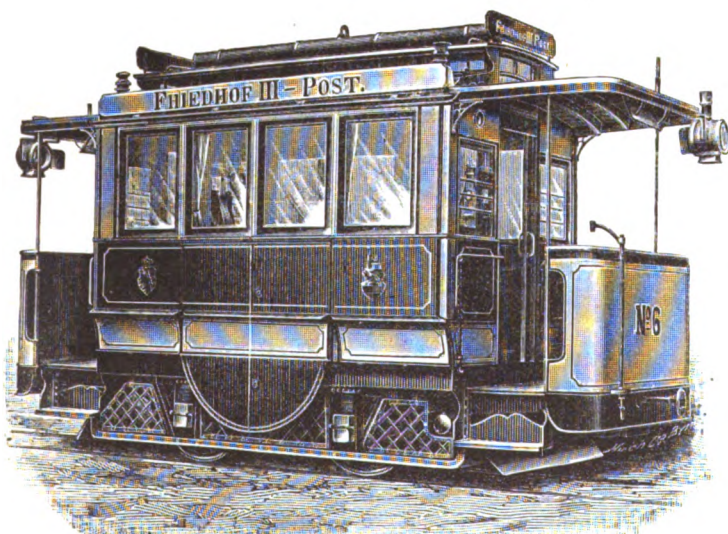


Fig. 4.

stigen lokalen Verkehrsbedingungen sogar eine grosse Zukunft haben werde.

Die Vorzüge des Gasbetriebes für Strassenbahnen ergeben sich aus dem Umstand, dass die Kraft, d. i. das Gas, nicht während des Betriebes ununterbrochen dem Verkehrsmittel zugeführt zu werden braucht, sondern bereits vor Beginn des Betriebes bez. in den Betriebspausen im Wagen aufgespeichert wird, ähnlich wie bei den Dampf-lokomotiven und den Wagen mit elektrischem Akkumulator-Betrieb. Der letztere hat sich mit Rücksicht auf die im Verhältniss zur erzeugten lebendigen Kraft verhältnissmässig zu grosse todte Last der Akkumulatoren (2 bis 4 T), soviel mir bekannt, seither noch nicht bewährt; am 18. Februar 1895 ist zwar auf der 5,4 km langen, meist horizontalen Linie Werftstrasse - Grossgörschenstrasse der Grossen Berliner Pferdeisenbahngesellschaft der Probebetrieb mit drei Akkumulator-Wagen aufgenommen worden, um festzustellen, wie sich die zur Verwendung kommenden Akkumulatoren in Bezug auf ihre Haltbarkeit bewähren, wieviel die Kosten für Ersatz und Reparatur betragen, ob sich Betriebsstörungen durch Akkumulatoren ergeben, welcher Art sie sind und wieviel Energie den Akkumulatoren zuzuführen ist. Wie die Messungen am Wattstunden-Messer, der unmittelbar an die Dynamomaschine angeschlossen ist, bis jetzt ergeben haben, beträgt der Wattstunden-Verbrauch pro Wagenkilometer 490; hiernach ergibt das für die Batterie, welche 26,2 km zurücklegt, $26,2 \times 490 = 12838$ Wattstunden; bei 75 % Nutzeffekt der Akkumulatoren würde sich der auf der Strecke erforderliche Wattverbrauch zu

zu $\frac{12838}{100} \cdot 75 = 9648$ Wattstunden ergeben. Die mittlere Entladespannung ist = 178 Volt, mithin entsprechen diesen 9648 Wattstunden $\frac{9648}{178} = 54$ Amp.-Stunden. Da die Batterie eine Leistungsfähigkeit von 130 Amp.-Stunden besitzt, so ergibt sich hieraus die Entnahme zu $\frac{54}{130} = 39\%$.

Hiernach ist der Stromverlust ein bedeutender, ferner erfordert die aller 3 bis 4 Stunden nöthige Auswechslung der Akkumulatoren sehr viel Zeit und Kosten.

In neuester Zeit sind zum Betriebe für Strassenbahnen Kupferzink-Akkumulatoren aus der Fabrik in Hagen versuchsweise verwendet worden; diese Akkumulatoren dürften wegen ihres geringen Gewichtes und der Zulässigkeit einer stärkeren Entladung für Strassenbahnen besser geeignet sein, als die meist seither verwendeten Bleiakkumulatoren. Die genannte Akkumulatoren-Aktiengesellschaft hat in Hagen eine Linie von 3115 m Länge eröffnet, welche in 16 Minuten durchfahren wird. Die grösste Steigung dieser Linie ist 1:27, die stärkste Kurve hat einen Halbmesser von 13 m. Alle 15 Minuten fährt ein Wagen ab, und je nach 19 km Fahrt werden die Akkumulatoren frisch geladen. Die genannte Gesellschaft hat die Bahn erbaut und betreibt sie auf eigene Kosten. Sie erhält von der Hagener Strassenbahn eine Vergütung von 13 δ für das Wagenkilometer.

Da ferner Dampf bahnen im Innern der Städte, wie schon bemerkt, der Rauchbelästigung und des kostspieligen

Betriebes wegen nur vereinzelt Anwendung gefunden haben, so hat von allen Strassenbahn-Systemen der Gasmotor-Betrieb den Vorzug, dass jeder Wagen ein in sich abgeschlossenes Ganzes bildet und während der Fahrt sowohl von der Kraftstation als auch von den anderen Wagen vollkommen unabhängig ist. Die oberirdischen Leitungsnetze, wie sie jetzt bei den elektrischen Bahnen angewendet werden, sind nicht mehr erforderlich; hierdurch entfällt die damit zusammenhängende, namentlich an den Abzweigungs- und Kreuzungspunkten sich zeigende hässliche Verunstaltung des Strassenbildes, durch das in einer Höhe von etwa 5 m über den Strassen liegende, aus starken Drähten bestehende Leitungsnetz mit den Befestigungsvorrichtungen; ferner kommen bei dem Gasmotor-Betrieb die Beeinträchtigungen des Verkehrs, insbesondere auch der Löscharbeiten bei Brandfällen, sowie die schweren Störungen des Telegraphen- und Fernsprechtetriebes und die damit verbundenen Gefahren für Gut und Leben in Wegfall; in dieser Beziehung sei an die bekannten Schadenfeuer in den Post- und Telegraphen-Gebäuden in Barmen und Dortmund erinnert, welche durch die oberirdischen Starkstromzuführungen der elektrischen Bergbahn in Barmen und der elektrischen Strassenbahn in Dortmund verursacht worden sind. *)

Von grossem Interesse ist in dieser Hinsicht eine Mittheilung: „Ueber elektrolytische Wirkungen der Kraftströme bei Strassenbahnen“ in der Zeitung des Vereins deutscher Eisenbahn-Verwaltungen Nr. 28 vom 6. April 1895, welche die Zerstörungen behandelt, die der zum Betriebe der älteren amerikanischen Strassenbahnen benutzte elektrische Strom bei seiner Rückkehr zur Kraftstation an unterirdischen Röhren und Kabelleitungen anrichtete **).

Noch sei erwähnt, dass namentlich in der Reichshauptstadt ästhetische Rücksichten maassgebend gewesen sind zur Verweigerung der Konzession für eine elektrische Bahn mit oberer Leitung.

Da beim Gasbetrieb die einzelnen Wagen von der Kraftstation unabhängig sind, so kann eine Betriebsstörung in der Station den Verkehr auf der Strecke nicht unterbrechen, was bei elektrischen Bahnen nicht ausgeschlossen ist; eine Störung im Triebwerk eines Wagens bleibt auf

*) S. Archiv für Post und Telegraphie 1894, Nr. 19.

**) In der Zeit der ersten elektrischen Strassenbahnen ging man von der irrigen Annahme aus, welche auf die beim Telegraphen-Betriebe gemachten Erfahrungen begründet war, dass die Erde den Starkströmen keinen oder nur so geringen Widerstand entgegensetze, dass er thatsächlich gar nicht in Betracht komme. Es stellte sich aber heraus, dass der Strom sich bequemere Wege suchte und auf metallische Leitungen, welche in der Umgebung der Fahrgeleise lagen, übersprang. Der Spannungsabfall an Punkten der Strecke, welche von der Kraftstation am weitesten entfernt lagen, hatte einerseits eine bedeutende Kraftverschwendung zur Folge, andererseits erfuhren die Telephon-, Gas- und Wasser-Gesellschaften sehr bald, dass starke elektrische Ströme durch ihre Kabel und Rohre flossen.

In vielen amerikanischen Städten wurde die Beschädigung der Wasser- und Gasrohre bald nach der Einrichtung der elektrischen Bahnen, die schlecht konstruirte Rückleitungen und starken Verkehr hatten, entdeckt. Die Beschädigungen der Wasser- und anderen Rohre waren in einigen Fällen sehr bedeutend. In Brooklyn war in einem Falle ein eisernes Wasserrohr in 30 Tagen vollständig durchlöchert, Telephonkabel und Gasleitungen waren ebenfalls stark zerfressen, trotzdem diese Kabel mit Pech umgeben und in einen Leitungskanal gelegt waren.

diesen Wagen allein beschränkt; der nächste Wagen nimmt den schadhaft gewordenen einfach mit; ein den Dienst versagender Motor kann in kürzester Zeit ausgewechselt werden.

Die vortheilhafte Eigenschaft elektrischer Bahnen, starken Verkehrsandrang durch schnelle Aufeinanderfolge der Wagen und durch Anhängewagen bewältigen zu können, ist bei der Gasbahn in erhöhtem Maasse vorhanden, denn bei dieser können wenigstens für einige Stunden leicht beliebig viele Wagen eingestellt werden, da die Gesamtzahl der gleichzeitig laufenden Wagen nicht von der Grösse der Kraft-Zentrale abhängig ist. Auch in Stunden geringen Verkehrs, wo der Betrieb der elektrischen Bahnzentrale sich nicht lohnen würde, oder bei zeitweiser Ueberlastung einzelner elektrischer Linien werden Gasmotorwagen jederzeit eingestellt werden können.

Die Anlage und Betriebskosten einer Gasbahn im Vergleich zu derjenigen einer mit Pferden oder mit Elektrizität betriebenen Strassenbahn stellen sich nach den mir zugänglichen Unterlagen wie folgt unter Annahme einer Betriebsstrecke von 6 km Länge, ausschliesslich Gleisanlage und Strassendecke:

a) Bei Pferdebetrieb:

1) Grundstück zu einem Bahnhof . . .	„	30 000
2) Gebäude, Stallung, Futterböden . . .	„	55 000
3) Reparaturwerkstatt . . .	„	4 000
4) 13 Wagen und zwar:		
6 einspännige à 2800 „	}	48 300
7 zweispännige à 4500 „		
5) 86 Pferde à 800 „ . . .	„	68 800
6) 50 Geschirre à 50 „ . . .	„	2 500
7) Insgemein . . .	„	6 400
Anlagekosten: „		215 000

b) Bei elektrischem Betrieb:

1) Grundstücke . . .	„	50 000
2) Gebäude für Maschinen, Kessel, Wagen etc. . .	„	65 000
3) Maschinen- und Kesselanlage etc. . .	„	98 000
4) 13 Wagen und zwar:		
6 kleine à 10 000 „	}	144 000
7 grössere à 12 000 „		
5) Stromzuführung . . .	„	31 861
6) Ausrüstung der Reparaturwerkstatt und		
Insgemein . . .	„	27 239
Anlagekosten: „		416 100

c) Bei Gasbetrieb:

1) Grundstück . . .	„	30 000
2) Wagenschuppen . . .	„	9 000
3) Gaskomprimirstation . . .	„	8 000
4) 13 Wagen und zwar:		
6 à 11 000 = 66 000	}	171 000
7 à 15 000 = 105 000		
5) Reparaturwerkstatt und Insgemein . . .	„	22 000
Anlagekosten: „		240 000

Die jährlichen Betriebsausgaben, soweit dieselben zur Bestimmung der Kosten für Zugkraft dienen, berechnen sich für:

a) Pferdebetrieb:

1) Futterkosten für 86 Pferde à „ 1,55		
täglich	„	48 654,50
2) Hufbeschlag, thierärztliche Behandlung, Versicherung	„	5 065,50
3) Ein Hofverwalter, Gehalt	„	2 000,—
4) Ein Futtermeister, „	„	1 500,—
5) Ein Schirrmeister, „	„	1 500,—
6) Schlosser und Arbeiter	„	2 000,—
7) 11 Stallmänner à 900 „	„	9 900,—
8) Ein Wagenwäscher	„	800,—
9) Tilgung und Abschreibung:		
auf Pferde 20 % = 15 480 „	}	20 380,—
„ Gebäude 2 % = 1200 „		
„ Wagen 5 % = 2650 „		
„ Geschirr 30 % = 1050 „		
10) Verzinsung des Anlagekapitals von		
250 000 „ à 5 %	„	12 500,—
jährliche Betriebsausgabe: „		104 300,—

b) Elektrischer Betrieb:

1) Kohlenverbrauch jährlich	„	20 000
2) Schmier- und Putzmaterial	„	6 000
3) Ein Maschinenmeister	„	3 000
4) Drei Schlosser à 1200 „	„	3 600
5) Drei Heizer und Arbeiter à 1000 „	„	3 000
6) Ein Wagenwäscher	„	800
7) Tilgung und Abschreibung:		
auf Gebäude 2 % = 1300 „	}	28 600
„ Maschinen 10 % = 9800 „		
„ Wagen 10 % = 14 400 „		
„ Stromzuführung 10 % = 3100 „		
8) Verzinsung des Anlagekapitals von		
416 100 „ à 5 %	„	20 805
jährliche Betriebsausgabe: „		85 805

c) Gasbetrieb:

1) Gasverbrauch, nämlich 0,4 km per Fahrt-		
kilometer à 12 „ = ...	„	24 000
2) Schmier- und Putzmaterial	„	3 000
3) Ein Maschinist	„	2 500
4) Ein Schlosser und ein Arbeiter	„	2 500
5) Ein Wagenwäscher	„	800
6) Tilgung und Abschreibung:		
auf Gebäude 2 % = 180 „	}	18 180
„ Maschinen 10 % = 900 „		
„ Wagen 10 % = 17 100 „		
7) Verzinsung des Anlagekapitals von		
235 000 „ à 5 %	„	11 750
jährliche Betriebsausgabe: „		62 730

Auf dieser Strecke können bei einer Wagenfolge von 6 und theilweise 10 Minuten mit den vorstehend aufgeführten Verkehrsmitteln jährlich 500 000 Fahrtkilometer abgefahren werden; es berechnet sich sonach das Fahrtkilometer bei:

Pferdebetrieb zu: $\frac{104\,300}{500\,000} = 20,8 \text{ „}$, theils ein- theils zweispänniger Betrieb;

elektrischem Betrieb zu: $\frac{85\,805}{500\,000} = 17,1 \delta$;

Betrieb mittelst Gasmotorwagen zu: $\frac{62\,730}{500\,000} = 12,5 \delta$.

Hierbei ist noch besonders zu beachten, dass beim Gasbetrieb das verwendete Gas mit 12 δ pro *kbm* angesetzt ist, in welchem Preis nicht allein die Amortisation der Gasanstalt, sondern auch ein erheblicher Gewinn inbegriffen ist und somit die Anlage einer Gasanstalt bei diesem Betriebe in Wegfall kommt. Gaserzeugung in eigener Regie würde das Verhältniss der Zugkosten bei der Gasbahn gegenüber dem elektrischen und Pferdebetrieb noch wesentlich günstiger gestalten.

Die sämtlichen Berechnungen können sich je nach den lokalen und sonstigen Verhältnissen wohl etwas verschieben, aber nicht wesentlich sich ändern.

Wie vorstehende Tabelle zeigt, sind die Hauptbedingungen für eine Strassenbahn: billiger Betrieb und mässiges Anlagekapital bei dem Gasmotorbetriebe vorhanden.

Seitens vieler Stadtverwaltungen wird dem System des Strassenbahnbetriebes mittelst Gasmotorwagen zweifellos sehr viel Zuneigung entgegengebracht werden, handelt es sich doch um einen sehr beträchtlichen Verbrauch aus den städtischen Gasanstalten, und zwar während der Tageszeit, in der bisher der Absatz ganz unwesentlich war.)*

*) Die früher geplante Umwandlung der Pferdebahn in Mannheim in eine elektrische Strassenbahn scheint aufgegeben zu sein; der Stadtrath hat dagegen die Einführung eines Probebetriebes mit Gasmotorenwagen (Dessauer Modell) beschlossen. (Elektrotechnische Rundschau Nr. 24 vom 15. Septbr. 1895.)

Das „System Lührig“ der Gasmotorwagen ist für das Strassenbahnwesen und gleichzeitig für die Gasindustrie daher von hervorragender Bedeutung; dasselbe wird namentlich da am Platze sein, wo die Anlage einer elektrischen Bahn zu theuer, bez. unrentabel sein würde, meist also in mittelgrossen und in kleinen Städten.

Ausserdem ist der Gasmotorbetrieb auf Strassenbahnen auch für grosse Städte insofern von Werth, als er den dichten Innenverkehr der Stadt, der bis zur Erfindung leistungsfähigerer Akkumulatoren in Zukunft wohl meist elektrisch — und zwar hauptsächlich mit unterirdischer Stromzuführung — betrieben werden wird, den Verkehr aus den Vorstädten und Nachbarorten zuzuführen vermag.

Jede Strassenbahn muss in ihren Bau- und Betriebsverhältnissen genau dem Verkehr angepasst werden, wenn sie den Anspruch auf eine rationelle Anlage machen will.

Der Gasmotorbetrieb auf Strassenbahnen ist nicht nur ein siegreicher Konkurrent der Pferdebahn, sondern auch ein Pionier für die elektrische Bahn und tritt in manchen Fällen sogar erfolgreich mit derselben in Wettbewerb.

Literatur: Mittheilungen des Vereins für die Förderung des Lokal-Strassenbahnwesens 1893 u. 1894. — Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1894. — Gostkowski: Zeitschrift für Kleinbahnen 1894, die Gasbahn 1893. — Ziffer's Bericht an die VIII. General-Versammlung des Internationalen permanenten Strassenbahn-Vereins über die bei den Strassen- und Kleinbahnen verwendeten verschiedenen mechanischen Motoren 1894. — Zeitschrift für das gesammte Lokal- und Strassenbahnwesen 1894. — The Engineer 1892. — Railwod gazette 1893. — Annales industrielles 1892. — Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins 1895 (Nr. 2).

Ueber einige neuere Schützenwechsel an mechanischen Webstühlen.

Von **A. Baltabol** in Wien.

(Hierzu Tafel XVII und XVIII.)

Seit den ersten Versuchen, die menschliche Handarbeit am Webstuhl durch Elementarkraft zu ersetzen, ist es eine der Hauptschwierigkeiten gewesen, auch denjenigen Theil desselben, welchem die Aufgabe zufällt, den Schützenwechsel zu bewirken, in entsprechender Weise zu vervollkommen. Schwierig und vielseitig sind die Anforderungen, welche die vielfach sehr komplizirten Muster an einen guten Wechsel stellen: eine grössere Anzahl von Schützen muss derartig regiert werden, dass oft in beliebigem Durcheinander mit grösster Genauigkeit im richtigen Augenblick der richtige Schützen in Wirkung tritt, Alles das mit einem Mindestaufwande von Zeit. Die grosse Anzahl der diese Frage betreffenden Patente in den verschiedenen Industriestaaten ist ein Beweis von der Wichtigkeit derselben. Da hier nur diejenigen Wechsel in Betracht gezogen werden sollen, die mit Hilfe der Steiglade bewirkt werden, so liessen sie sich im Allgemeinen in vollständig und theilweise paarschlüssige eintheilen, bei welcher letzteren als den älteren nur die Hebung der Lade durch mechanische Kraftwirkung bewirkt wird, während die Senkung unter Einwirkung der eigenen Schwere sich vollzieht. Hieraus folgt, dass die Geschwindigkeit der Wechsel schon an eine gewisse Grenze gebunden ist, welche durch das Gesetz der Schwere gegeben ist, ungerechnet den Eintritt zufälliger Hindernisse, hervorgerufen durch zufällige Vergrösserung der Reibungswiderstände in den Gleitflächen und Führungen. In Folge dieser Unvollkommenheiten hat sich die neuere Zeit der Erfindungsthätigkeit mehr der Ausbildung der vollständig paarschlüssigen Wechsel zugewandt, und zwar mit Erfolg, wenngleich die dabei erstandene Komplikation des Mechanismus bei Manchen nicht gerade zum Vortheil gereicht. Es sei nun dem Verfasser gestattet, auf einige solcher neuen Wechsel hinzuweisen, welche bei einer das bisherige Maass übersteigenden

Präzision der Wirkung und Wechselgeschwindigkeit noch den Vorzug der Einfachheit der Ausführung für sich beanspruchen dürfen.

Es sind dieses die auf den Tafeln XVII u. XVIII dargestellten Bauarten der Sächsischen Maschinenfabrik (vorm. R. Hartmann) und der Sächsischen Webstuhlfabrik (vorm. L. Schönherr) in Chemnitz (vergl. die deutschen Patente Nr. 66 337, 68 433, 77 371 und 81 536).

Die Anregung dieser Lösung verdanken genannte Fabriken einem amerikanischen Patent vom 24. Februar 1863 Nr. 37 760 (Official Gazette of the United States Patent office*), in welchem L. C. Knowles, Worcester, ein neues Getriebe zur Bewegung der Schaftmaschine für Offenfach benutzt, das nach ihm den Namen Knowles-Getriebe erhalten hat. Dasselbe besteht in einer Vereinigung des Kurbelgetriebes mit dem Zahngetriebe, wie in Tafel XVII, Fig. 2 ersichtlich. Zwischen zwei festgelagerten Rädern ($A_1 A_2$) entgegengesetzter Drehrichtung mit theilweise verzahntem Umfange ist ein drittes Zahnrad (B) schwingend um (C) angebracht, dessen Verzahnung gleichfalls zwei Lücken von ungleicher Grösse aufweist, welche um 180° gegeneinander verstellt sind. Die kleinere Lücke ist gerade so gross, dass eben noch ein Eingriff zu Stande kommt, während die grössere zur Ausserbetriebsetzung des Getriebes dient, wie in den Textfiguren 1 und 2 gezeigt wird. In der inzwischen erschienenen Besprechung desselben Getriebes in der Zeitschrift d. V. d. I. 1894, S. 1250 ist insofern ein Fehler begangen worden, als dort die beiden Lücken gleich gross dargestellt sind. Aus der Theorie der Verzahnungen ergibt sich ohne Weiteres, dass, um den vorhin genannten Zweck zu erreichen, die eine Lücke kleiner, die andere grösser als die Eingriff-

*) Reports of the commissioner of patents 1863.

strecke der Verzahnung sein muss. Die Wirkung ist nun folgende: Durch die Musterkarte (*D*) werden mittelst der Hebel (*E*), in welchen sich die Kurbelräder (*B*) befinden, diese abwechselnd mit den beständig sich drehenden Rädern (*A₁ A₂*) in Eingriff gebracht und dadurch intermittirende Drehungen um je 180° bewirkt, welche durch die Zugstangen (*F*) auf die Schafthebel (*G*) übertragen werden. Durch den Schwinghebel (*M*) und das Messer (*N*) werden die Hebel (*E*) für die Dauer des Betriebes festgestellt. Das Gewicht (*O*) dient zur Sicherung der Verbindung der Zugstangen (*F*) und Schafthebel (*G*) gegen Brüche. Ferner wäre noch die Begrenzung der Kurbelrädspiele zu erwähnen. Auf Tafel XVII, Fig. 2 sieht man in den Rädern (*B*) einen mondformigen Ausschnitt (*P*), in dem sich ein am Hebel (*E*) befestigter Stift (*Q*) bewegt, welcher an dem einen Ende diese Begrenzung bildet, während man am anderen Ende die Kurbel etwas über den Todpunkt hinauslaufen lässt. Diese Hubbegrenzung ist übrigens, wie aus den anderen Figuren ersichtlich, sehr mannigfaltig ausgeführt, indem entweder besondere Anschläge (*R*) Fig. 3 vorhanden sind, oder die Hebel (*E*) selbst die erforderlichen Anschläge bilden. Fig. 5 und 8, Taf. XVIII.

Diesem ersten amerikanischen Patent folgen nun eine Reihe anderer, die nichts wesentlich Neues enthalten. Es mögen deshalb nur einige hier Erwähnung

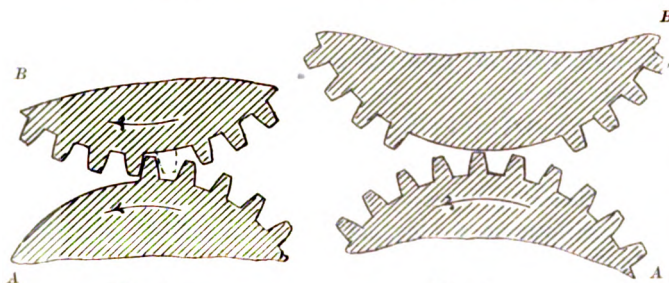


Fig. 1.

Fig. 2.

finden, so dasjenige vom 21. Januar 1873 Nr. 134 992, in Tafel XVII, Fig. 1 skizzirt und vom 25. August 1880 Nr. 237 549. Bemerkenswerth an allen ist der Umstand, dass das Knowles-Getriebe nur zur paarschlüssigen Bewegung der Schafmaschine dient, der Schützenwechsel dagegen wohl durch dasselbe Getriebe bewirkt, aber durch dazwischengeschaltete Zugsehnüre oder Ketten ausgeführt wird, wodurch der Eingangs besprochene Vorzug der Zwangläufigkeit verloren geht.

Den genannten sächsischen Fabriken gebührt nun das Verdienst, die Wichtigkeit jenes Getriebes für den

zwangsläufigen Schützenwechsel zuerst erkannt und denselben mit Erfolg in die Praxis eingeführt zu haben, wofür die grosse Anzahl der bereits im Betriebe befindlichen Stühle sprechen mag. Gerade das Kurbelgetriebe ist durch seine kinematischen Eigenschaften für die zwangsläufige Schützenkastenbewegung besonders geeignet, weil Anfang und Ende derselben nicht plötzlich, nicht stossweise erfolgt, sondern die Geschwindigkeit von dem Werthe 0 durch ein gewisses Maximum hindurch zu dem Endwerth $= 0$ verläuft, wie in den Textfiguren 3 und 4 dargestellt ist. Es fallen dadurch die

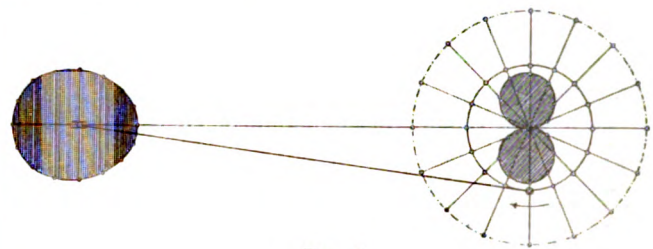


Fig. 3.

sonst nothwendigen Bremsungen der Schützenkastenbewegung weg, welche bekanntlich den Zweck hatten, ein Hinübereilen des Kastens über die richtige Stellung und Vibrationen zu verhüten, veranlasst durch den Ueberschuss an Geschwindigkeit am Ende des Hubes. Fig. 4 zeigt in den Kurven *I*, *II* und *III* die Kasten-

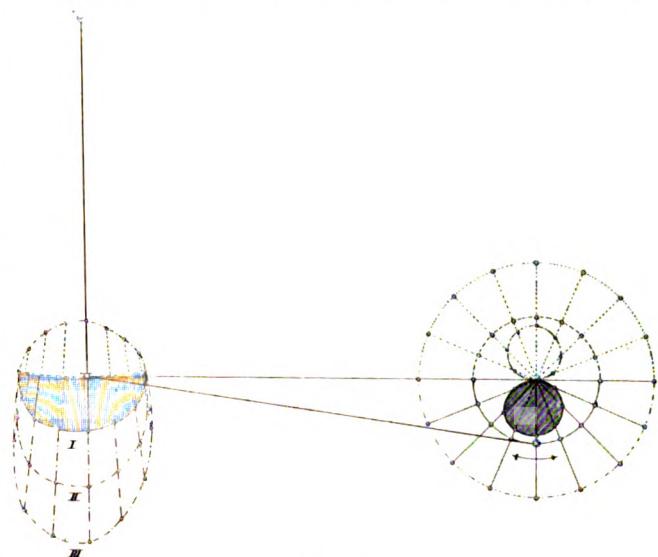


Fig. 4.

geschwindigkeiten bei der Hebung, bezw. Senkung um eine, zwei oder drei Zellen. Diese wichtige Eigenschaft des Kurbelgetriebes ist deshalb auch schon früh erkannt worden und hat zu einer grösseren Anzahl deutscher Patente Veranlassung gegeben, leider aber

oft in etwas komplizierter Ausführung, wodurch deren praktische Verbreitung theilweise behindert wurde.

Das Knowles-Getriebe gestattet in einfachster Weise den Antrieb der Kurbeln und ist die Anwendung desselben auf den Schützenwechsel als ein entschieden glücklicher Gedanke zu bezeichnen, was auch aus den später folgenden Angaben über Schussgeschwindigkeiten sich erweist, welche hierdurch eine bedeutende Steigerung erfahren konnten, somit die Leistungsfähigkeit des Stuhles erhöhen.

Die sächsischen Fabriken kombiniren nun genanntes Getriebe mit ihren schon seit längerer Zeit üblichen Stuhl- und Wechseltypen. Tafel XVII, Fig. 4 zeigt einen Schützenwechsel für einen leichten Seidenwebstuhl, Fig. 3 einen solchen für schwerere Stühle, beide von der Sächsischen Maschinenfabrik (vorm. R. Hartmann).

In Fig. 3 ist das Kurbelrad von dem Knowlesrad getrennt und durch ein mit dem letzteren verbundenes Zwischenrad getrieben. Tafel XVIII zeigt Ausführungen der Sächsischen Webstuhlfabrik (vorm. L. Schönherr), und zwar in Fig. 5 einen Stuhl für breite und schwere Stoffe (D. R.-P. Nr. 66 337). Hier erfolgt ausserdem die Bewegung des Kurbelradhebels (*E*) nicht durch direkte Einwirkung der Musterkarte, wie sonst bei all den übrigen Stuhlsystemen, um das Gewicht desselben aufzuheben, sondern in der aus der Zeichnung ersichtlichen Weise. Fig. 6 zeigt eine andere Ausführung derselben Absicht. Um in Fig. 5 die zwei Zugstangen unten durch eine einzige zu ersetzen, wird das Knowles-Getriebe mit der an den früheren Schönherr'schen Stühlen bekannten Hebelverbindung D. R.-P. Nr. 9488 verbunden (Fig. 7). Fig. 8 zeigt einen leichteren Webstuhl derselben Fabrik (D. R.-P. Nr. 68 433). Zu erwähnen wäre noch eine Schutzvorrichtung gegen Bruch für das Knowles-Getriebe (D. R.-P. Nr. 77 371) bezogen auf Fig. 5, worin das Messer (*N*) durch eine den Radhebeln (*E*) gleiche Anzahl Sperrhebel ersetzt wird, welche jedem einzelnen Kurbelrade gestatten, selbstthätig auszukämmen bezw. die Sperrung eines Radhebels aufzuheben, ohne die Sperrung der übrigen zu beeinträchtigen.

Es wäre bei dem Knowles-Getriebe vielleicht der Einwand zu machen, dass die Abnutzung der Zähne durch die Plötzlichkeit des Eingriffes an der Eingriffsstelle so stark werden könnte, dass das weitere Kämmen nicht mehr richtig erfolgt, wodurch leicht ein gefährliches Klemmen eintreten würde. Man giebt deshalb

den Rädern (*A*), welche ihrer Breite wegen walzenartig ausgeführt sind, mehr Zähne, als zum Betrieb nöthig sind. Zeigen sich nun an dem Eingriffszahne Spuren starker Abnutzung, so hobelt man ihn weg und der Eingriff erfolgt dann wieder tadellos. Bei den Kurbelrädern selbst kann durch passende Wahl des Materiales die Abnutzung auf ein Minimum reduziert werden; übersteigt sie aber die zulässige Grenze, so ist ein Auswechseln derselben und Ersetzen durch neue eine leichte Arbeit.

Zum Schluss mögen noch einige von der Sächsischen Webstuhlfabrik dem Verfasser zur Verfügung gestellte Zahlenangaben über die praktisch zulässige Schusszahl pro Minute folgen:

Bei dem Kurbel-Webstuhl (System Hodgson) Oberschläger:

Nr. 1. Blattbreite 630 mm mit 150 bis 160 Touren, bis „ 31. „ 3220 „ „ 85 „ mit glatter Lade oder einseitiger Wechsellade 4- bis 6 kästig; Wechseleinrichtung nach Pat. Nr. 66 337.

Kurbel-Webstuhl (System Atherton) Unterschlager:

Nr. 1. Blattbreite 730 mm mit 150 bis 160 Touren, bis „ 20. „ 2540 „ „ 90 „ 95 „ mit glatter oder einseitiger Wechsellade, 4 Kasten wie oben.

Kurbel-Zeug-Webstuhl:

Nr. 1. Blattbreite 1250 mm mit 110 bis 120 Touren, bis „ 8. „ 2450 „ „ 90 „ 100 „ mit zweiseitigem 4 kastigem Wechsel nach Pat. Nr. 68 433.

Kurbel-Buckskin-Webstuhl:

Von 850 mm Blattbreite mit 100 Touren bis 3680 „ „ „ 60 „ mit zweiseitigem 4- bis 5 kastigem Wechsel. Pat. Nr. 32 963 und 66 337.

Dagegen der ältere Buckskin-Webstuhl (System Schönherr):

Von 1133 mm Blattbreite mit 60 Touren bis 3680 „ „ „ 35 „ mit zweiseitigem 4- bis 6 kastigem Wechsel. Pat. Nr. 19 689.

Für das liebenswürdige Entgegenkommen der genannten Fabriken und die reichliche Zustellung an Unterlagen sei es dem Verfasser hiermit gestattet, den betreffenden Herren seinen wärmsten Dank auszusprechen.

Versuche über den Arbeitsverbrauch von Bobbinetmaschinen mit Jacquardgetriebe.

Von **W. Zierold** in Chemnitz.

(Hierzu Tafel XVI.)

Ueber den Arbeitsverbrauch der Bobbinetmaschinen mit Jacquardgetriebe lagen bisher zuverlässige Angaben nicht vor. Herr Professor E. Müller in Hannover, welcher im „Civilingenieur“, Jahrgang 1884, S. 513 diese Maschinen und ihre Arbeitsweise eingehend beschreibt, giebt an, dass ein solcher Stuhl, dessen Tourenzahl in der Minute 80 beträgt, etwa eine Pferdestärke verbraucht.

Um so freudiger musste daher eine Anfrage des Herrn E. B. Knabe in Plauen und Netzschkau i. V. begrüsst werden, welcher z. Z. zwölf derartige Maschinen in Betrieb hat und den genauen Arbeitsverbrauch derselben zu wissen wünschte.

Im Mai vorigen Jahres wurden vom Verfasser die hierzu nöthigen Versuche ausgeführt; Herr E. B. Knabe stellte sein Etablissement einen vollen Tag für diesen Zweck zur Verfügung und trug einen Theil der Kosten. Den grösseren Theil der nothwendigen Mittel gewährte aber auf Antrag der Direktion der Technischen Staatslehranstalten zu Chemnitz in dankenswerthester Weise das K. S. Ministerium des Innern. Die zu untersuchenden Stühle sind in verschiedenen Fabriken Englands gebaut worden, und wie aus Tafel XVI ersichtlich, stimmen dieselben in ihrer Konstruktion im Wesentlichen mit den von Professor E. Müller a. a. O. beschriebenen überein.

Wegen der vielen Vorzüge, welche das Dynamometer von Hartig bei derartigen Arbeitsbestimmungen gewährt, insbesondere weil es auch bei Maschinen mit veränderlichen Widerständen nicht versagt, wurde dieser

Apparat zu den Versuchen benutzt. Jeder der zwölf Webstühle erhielt seinen Antrieb mittelst halbgeschränkten Riemens von einer und derselben Transmissionswelle aus, welche ihre Bewegung von einer anderen solchen Welle empfing, die direkt durch die Dampfmaschine in Umdrehung versetzt wurde. Zwischen beiden Transmissionswellen wurde das Dynamometer eingeschaltet. Die Umfangskraft an der Riemenscheibe des letzteren, welche einer gewissen Ordinate der aufgezeichneten Schaulinien entspricht, wurde in der Weise bestimmt, wie dies im „Civilingenieur“, Jahrgang 1877, S. 1 beschrieben worden ist. Es ergab sich, dass für jedes Millimeter Ordinatenhöhe die genannte Umfangskraft 1,34 *k* betrug.

Bezeichnet allgemein *P* diese Umfangskraft in Kilogrammen, *d* den Durchmesser der Riemenscheibe am Dynamometer in Metern, *u* die Anzahl Umdrehungen dieser Scheibe in der Minute, so folgt die durch das Dynamometer geleitete Arbeit in Pferdestärken

$$N = \frac{P d \pi \cdot u}{60 \cdot 75}$$

oder, da *d* = 0,4 *m* betrug,

$$N = \frac{P u}{3581}$$

Die erhaltenen Resultate sind in umstehender Tabelle zusammengestellt, und es sei noch bemerkt, dass jeder Stuhl einer dreimaligen Prüfung unterzogen wurde.

Nummer der Stühle nach ihrem Standort	Waaren- breite in Metern	Anzahl der Spulen	Anzahl der Jacquard- getriebe	Anzahl der minutl. Um- drehungen d. Antriebwelle des Stuhles	Arbeits- verbrauch in Pferde- stärken
1	6,4	1540	1	92	1,70
2	6,4	1540	1	92	1,70
3	5,6	1760	1	94	1,31
4	5,6	2200	1	94	1,29
5	5,6	1760	1	94	1,31
6	6,2	3900	2	82	1,64
7	5,6	1760	2	93	1,84
8	6,2	1950	1	90	1,36
9	5,6	4400	2	85	1,63
10	6,4	1540	1	92	1,70
11	6,2	1950	1	90	1,36
12	6,2	1950	1	90	1,36

Wie erwähnt, stammen die untersuchten Maschinen aus verschiedenen Fabriken Englands, und obgleich ihre Bauart im Wesentlichen dieselbe ist, so sind doch im Einzelnen Verschiedenheiten in der Ausführung vorhanden; es erklären sich hieraus die noch verbleibenden Verschiedenheiten im Arbeitsverbrauch, wenn derselbe auf eine bestimmte Breite des Stuhles, auf eine bestimmte Anzahl Spulen etc. reduziert wird.

An Hilfsmaschinen waren vorhanden:

Eine Spulmaschine mit 100 Spindeln.

Eine desgl. „ 70 „

Zwei Bobbinetpulmaschinen.

Eine Kartenschlagmaschine.

Eine Kettenscheermaschine.

Eine Kartenbindemaschine.

Ein Ventilator.

Der Arbeitsverbrauch dieser Maschinen betrug zusammen 2,34 Pferdestärken.

Literarische Besprechungen.

Recherches sur la flexion des pièces comprimées. Par Felix Jasinski, Ingénieur des voies de communications. Extrait des Annales des ponts et chaussées. Septembre 1894, Paris, Vre Dunod & P. Vicq.

Nach einer kurzen geschichtlichen Einleitung über die Ableitung der Euler'schen Knickformel, wobei auch die Bedenken späterer Schriftsteller über die Bedeutung dieser Formel und die Richtigkeit der Grundlagen bei deren Entwicklung erwähnt werden, geht der Verfasser zu eigenen Untersuchungen über. Für die verschiedenen Zustände der Stabenden (frei beweglich, gelenkartig, eingespannt) ist die Knickformel bekanntlich: $P = \alpha E / \pi^2 : l^2$, wobei P die Bruchbelastung ist, α ein Zahlen-Beiwert, der von dem Zustande der Stabenden abhängt (z. B. bei beiderseits gelenkartigen Enden $= 1$), und die anderen Buchstaben bekannte Bedeutung besitzen. Diese Gleichung lässt sich auch

schreiben: $P = E / \pi^2 : (\mu l)^2$, wobei $\mu = \sqrt{\frac{I}{\alpha}}$ ein anderer Zahlenwerth ist, der vom Verfasser „Längen-Beiwert“ (coefficient de longueur) genannt wird. Um nun den Untersuchungen möglichste Genauigkeit zu geben, wird bei der Ausgangsgleichung der elastischen Linie: $\frac{1}{\rho} = \frac{M}{EJ}$, für $\frac{1}{\rho}$

nicht der gewöhnliche, angenäherte Ausdruck $\frac{d^2 y}{dx^2}$, sondern

ein genauerer Werth eingeführt, abhängig von $\frac{dy}{ds}$; die Integration der aufgestellten Differentialgleichung ist dann natürlich umständlicher und die Ableitungen erfordern einen grossen Aufwand von mathematischen Hilfsmitteln.

Es werden zunächst verschiedene, rein theoretische Belastungsannahmen für die Längsrichtung eines Stabes gemacht und überall wird der Beiwert μ berechnet. Dann werden die Formeln zur Berechnung der Gitterstäbe eines mehrfachen Netzwerkes mit symmetrisch und unsymmetrisch angeordneten Diagonalen angewandt; das Hauptergebniss dieser Untersuchung besteht in der Knickformel (für symmetrische Anordnung der Streben):

$$P = Q + E(J + J_1) \pi^2 : l^2,$$

wobei P die Knickbelastung (für Bruch) einer gedrückten Strebe (mit Länge l , Trägheitsmoment J), Q die mittlere Zugkraft der diesen Stab kreuzenden gezogenen Diagonale (J_1) bedeuten.

Ein zweiter Abschnitt behandelt die Versuche über die Knickfestigkeit von Stäben, namentlich diejenigen von Bauschinger, Tetmajer und Considère, deren Hauptergebnisse in einer beigegebenen Tafel zeichnerisch recht übersichtlich dargestellt sind, wobei sich zeigt, dass die

Versuchsergebnisse so lange mit der Euler'schen Formel recht gut übereinstimmen, als die Knickfestigkeit $\sigma' = \frac{P}{F}$

(Spannung beim Knicken) unter der Elastizitätsgrenze des Baustoffes liegt. Je mehr aber σ' diese Grenze überschreitet (für Schweisseisen etwa 1,5 bis 1,6 t/qcm , Flusseisen etwa 2,2 t/qcm), desto mehr weichen die Versuchsergebnisse von der Euler'schen Formel ab. Für diesen Fall hat nun der Verfasser aus den Versuchsergebnissen der drei genannten Forscher mit Hilfe der Methode der kleinsten Quadrate nachstehende zwei Formeln für die Knickfestigkeit aufgestellt:

$$\begin{aligned} \text{Für Schweisseisen: } \sigma' &= 3,3907 - 0,01648 \frac{l}{r} \Bigg\} \text{ Tonnen f. d.} \\ \text{„ Flusseisen: } \sigma' &= 3,387 - 0,01483 \frac{l}{r} \Bigg\} \text{ qcm,} \end{aligned}$$

wobei $r = \text{Trägheitsarm des Querschnitts} = \sqrt{J : F}$. Dem Verfasser scheint wohl unbekannt zu sein, dass die Ergebnisse der genannten Versuche ihre theoretische Begründung durch Engesser*) gefunden haben, da er dies sonst an dieser Stelle wohl erwähnt hätte.

Ein dritter Abschnitt enthält einige Anwendungen der gefundenen Ergebnisse auf die Berechnung der zulässigen Beanspruchung verschiedener Stäbe einiger ausgeführter Brücken und Betrachtungen über die Seitensteifigkeit oben offener Brücken (ohne oberen Windverband). In einem Anhang wird noch die Zulässigkeit früherer vereinfachter Annahmen bei Durchführung der Rechnungen theoretisch genauer untersucht und es werden die dabei eintretenden grösstmöglichen Fehler berechnet, die sich sehr gering ergeben.**)

Die Broschüre enthält hiernach eine sehr eingehende Behandlung einzelner schwieriger Knickfragen, doch zweifelt der Berichterstatter nicht, dass die gefundenen, praktisch brauchbaren Hauptergebnisse auf einfacherem Wege sich ableiten lassen, wobei der Leserkreis sich gewiss vermehrt hätte, da die Anwendung des grossen mathematischen Apparates die meisten Praktiker vom Studium des Buches abhalten dürfte. — d.

*) Ueber die Knickfestigkeit gerader Stäbe, Zeitschr. d. Archit.- u. Ingen.-Vereins zu Hannover 1889, auch Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Vereins 1893.

**) Weitere Ausführungen auf dem behandelten Gebiete enthalten einige Aufsätze über „Knickfragen“ in der Schweizerischen Bauzeitung 1895 (Bd. XXV), S. 15, 24, Nr. 10, S. 88 von Mantel, Engesser und Jasinski.

Professor Dr. Durm, Oberbandirektor in Karlsruhe. Der Zustand der antiken athenischen Bauwerke auf der Burg und in der Stadt. — Befundbericht und Vorschläge zum Schutz vor weiterem Verfall. — Mit 18 Abbildungen im Text. Berlin 1895. Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn.

Die Schäden, welche die Erdbeben des Sommers 1894 dem Parthenon zugefügt hatten, gaben der griechischen Regierung Veranlassung, den Professor Durm um eine Besichtigung und Aussprache über die zu ergreifenden Schutzmassregeln und Wiederherstellungsarbeiten zu ersuchen. Später wurde dieser Auftrag auch auf die anderen klassischen Baudenkmäler auf der Burg und in der Stadt Athen ausgedehnt; zur Erledigung desselben begab sich der Genannte Anfang Januar 1895 dorthin. Dass er die drei Monate seines dortigen Aufenthalts mit der Gewissenhaftigkeit und Gründlichkeit eines deutschen Gelehrten zur Erledigung seiner Mission ausnutzen würde, war bei der getroffenen Wahl von vornherein zu erwarten; dass gerade er die kunsthistorischen Kenntnisse dazu mitbrachte, wie kaum ein anderer, liess sich nach seiner schriftstellerischen Thätigkeit auf diesem Gebiet (es sei nur an seine „Baukunst der Griechen“ im Handbuch der Architektur erinnert) gleichfalls annehmen; dass er aber auch so viel praktischen Scharfblick damit verbinden und eine so weise Mässigung bei allen seinen Vorschlägen zeigen würde, das wird doch vielleicht manchen Leser seines ausführlichen Gutachtens überraschen. Es darf als ein Muster einer derartigen Denkschrift bezeichnet werden; besondere Beachtung verdient die grundsätzliche Stellung, die es zu der Aufgabe einnimmt und für die uns folgende Sätze besonders charakteristisch erscheinen:

„Der Bau soll und muss auch in der Folge noch als Ruine sich zeigen und muss daher von aufgeklebten Schönheitspflasterchen freigehalten werden, deren Bestand doch nur von zweifelhafter Dauer sein würde.“

„Die für die Erhaltung der Bauwerke unbedingt erforderlichen Massnahmen müssen so ausgeführt werden, dass sie das jetzige Bild der Ruine nicht in störender Weise beeinträchtigen und doch ihre guten Dienste leisten.“

Demgemäss bezeichnet der Verfasser ausser den statischen Sicherungen es als nothwendig, gegen die Einflüsse der Witterung zu schützen, dem Umsichgreifen des Pflanzenwuchses zwischen den Bausteinen vorzubeugen, die offenen Fugen gegen Staub und Feuchtigkeit zu schliessen. Die von anderer Seite sehr warm empfohlene Verwendung von Kittmasse soll nur in beschränktem Umfange, versuchsweise, dort stattfinden, wo die ausgesprengten Stücke noch vorhanden und die Bruchflächen vollständig rein sind; im Allgemeinen sollen aber zu den Ergänzungs- und Erneuerungsstücken so weit nur möglich alte Steine oder Material aus den noch zugängigen alten Brüchen verwendet werden.

Bei aller Enthaltensamkeit werden die Instandsetzungskosten nicht gering ausfallen, grösser vielleicht, als sich mit den Finanzen Griechenlands verträgt. Durm verweist deshalb auf klassische Beispiele (Artemision in Ephesos, Tempel in Aphrodisias und Labranda), wo die Bürger einzelne Säulen stifteten, die dann ihren Namen auf einem Inschrifttäfelchen nannten; für deutsche Verhältnisse liegt ein Hinweis auf die Kreuzgangfenster des Germanischen Museums in Nürnberg näher.

Eine werthvolle Beigabe der Denkschrift sind die Abbildungen nach des Verfassers Aufnahmen, werthvoll auch, weil sie zeigen, in welcher Weise Beschädigungen an Hausteinen so dargestellt werden, dass sie die Art und den Umfang des Schadens erkennen und beurtheilen lassen.

Kann nach alledem dem Durm'schen Befundbericht eine prototypische Bedeutung beigemessen werden, so möchten wir ihn auch in unserem engeren Vaterlande der Beachtung empfehlen, wo er z. B. für die Restauration des Meissner Domes formell und sachlich nützliche Fingerzeige geben könnte.

O. Gruner.

Handbuch der praktischen Gewerbehygiene. Dritte und vierte Lieferung. Berlin 1894 und 1895. Preis 5 bzw. 4 M.

Das günstige Urtheil, welches wir s. Z. nach Durchsicht des ersten und zweiten Heftes über das vorliegende Werk abgeben konnten, wird durch das nunmehr erschienene dritte und vierte Heft in vollstem Maasse bestätigt. In denselben findet die Besprechung der Heizung und Lüftung der Arbeitsräume durch Professor K. Hartmann-Berlin ihre Fortsetzung; daran schliesst sich die Erörterung der Maassregeln zur Verhütung des Einathmens von Staub, der Nebenanlagen der Fabriken (Aborte, Umkleideräume, Wasch- und Badeeinrichtungen, Aufenthaltsräume für die Arbeitspausen, Speisewärm- und Kocheinrichtungen), sowie der persönlichen Ausrüstung des Arbeiters durch den Herausgeber Dr. Albrecht, die Verhütung der beim Dampfkessel- und Motorenbetriebe, beim Betriebe der Wellenleitungen und bei den Anlagen zum Heben von Lasten möglichen Unfälle

durch Gewerbe-Inspektor E. Claussen, Regierungs-Rath R. Platz und Ingenieur C. Specht. Der Inhalt der Hefte ist ein so reicher, dass selbst ein nur theilweises Eingehen auf denselben den uns zur Verfügung stehenden Raum erheblich überschreiten würde. Er gewährt einen in hohem Maasse belehrenden und theilweise überraschenden Einblick in das auf dem Gebiete der Gewerbehygiene in den letzten 15 Jahren Geschaffene, zeigt aber auch, wie unendlich viel hier noch zu thun übrig bleibt und welche sozialpolitische Bedeutung einer sich auf alle besprochenen Gebiete erstreckenden Gewerbeinspektion zugestanden werden muss. Es ist demgemäss dringend zu wünschen, dass das von der Verlagsbuchhandlung trefflich ausgestattete Werk insbesondere in den industriellen Kreisen die weiteste Verbreitung finden möge.

A. F.

G. Tolkmitt, Königlich Preussischer Baurath. Leitfaden für das Entwerfen und die Berechnung gewölbter Brücken. Berlin 1895. Wilhelm Ernst & Sohn. Preis 5 $\mathcal{M}$.

Die vorliegende Schrift des Verfassers, welcher durch seine schriftstellerische Thätigkeit auf dem in Rede stehenden Gebiete bereits vorthellhaft bekannt ist (Zeitschrift des Hannoverschen Architekten- und Ingenieur-Vereins 1878, Zeitschrift für Bauwesen 1885 u. 1892) hat vorzugsweise die Bestimmung, für den praktischen Gebrauch des Bauingenieurs bei dem Entwerfe gewölbter Brücken zu dienen, denen erfreulicher Weise gegenwärtig ein lebhaftes Interesse entgegengebracht wird. Wie der Verfasser in der Vorrede hervorhebt, bildet die Schwierigkeit der wissenschaftlichen Untersuchung eines Gewölbes und die Umständlichkeit seiner Berechnung nach den Gesetzen des elastischen Bogens den Grund, dass das Entwerfen in zahlreichen Fällen schablonenhaft geschieht. Trotz der grossen Stärke des Gewölbes ist dann oft die Standsicherheit an einzelnen Stellen desselben eben nur hinreichend und die Materialbeanspruchung gross. Von dem Grundsatz ausgehend, dass ein Gewölbe die geringste Stärke erhält, wenn seine Form so gewählt wird, dass bei mittlerem Belastungszustande die Stützlinie mit der Mittellinie des Gewölbes zusammenfällt, giebt Tolkmitt für die Auffindung der Form dieser Stützlinie eine möglichst einfache und zugleich wissenschaftlich begründete Anweisung.

Dies geschieht zunächst für das symmetrische Brückengewölbe mit wagrecht abgeglicherer Belastungsfläche, darauf für Gewölbe mit beliebiger Belastungsfläche und zwar sowohl auf graphischem Wege wie auf dem der Berechnung. Es folgen dann die Abschnitte über Stärke der Brückengewölbe, über die Belastung der Brücken, die Grösse der Kantenpressungen und der zulässigen Inanspruchnahme, sowie über die Stärke der Pfeiler und Widerlager. Die Darstellung hält sich durchweg in sehr klaren und verständlichen Formen; ausserdem sind im Anschluss an jede Entwicklung durchgeführte Zahlenbeispiele gegeben, welche in Verbindung mit den tabellarischen Zusammenstellungen zur Berechnung der Bogenformen und Scheitelstärken das Buch für den in der Praxis stehenden Ingenieur besonders werthvoll machen. Hierzu trägt auch eine auszugsweise Beschreibung der Einrüstung und der Ausführung der 18 m weiten Gewölbe der von dem Verfasser ausgeführten Brücken bei Cöpenick bei (näher dargestellt im Jahrgang 1892 der Zeitschrift für Bauwesen), so dass wir die vortreffliche Tolkmitt'sche Arbeit allen Ingenieuren, die sich mit dem Entwerfen und Ausführen massiver Brücken zu beschäftigen haben, auf das Beste empfehlen können. A. F.

Bau, Betrieb und Verwaltung der natürlichen und künstlichen Wasserstrassen auf den internationalen Binnenschiffahrts-Kongressen in den Jahren 1885—1894. Wien 1895. Im Verlage des K. K. Ministeriums des Innern. In Kommission bei der K. K. Hof- und Staatsdruckerei.

Im Auftrage des Ministeriums des Innern hat der Oberbaurath Alfred Weber Ritter von Ebenhof die ebenso reichhaltigen wie werthvollen Ergebnisse der Schiffahrts-Kongresse in Brüssel, Wien, Frankfurt a. M., Manchester, Paris und Haag in sehr geschickter Weise gesammelt, gesichtet und geordnet. Im Vorwort heisst es:

„Damit aber die von diesen internationalen Kongressen zu Tage geförderten Gedanken und gesammelten Erfahrungen im wirklichen Leben eine thunlichst ausgedehnte nutzbare Anwendung finden, erschien es nothwendig, den in zahlreichen zerstreuten Schriften und Kongresspublikationen enthaltenen Stoff und die von vielen Kongresstheilnehmern bei den örtlichen Besichtigungen gewonnenen persönlichen Beobachtungen und Reiseeindrücke nach einem einheitlichen Entwurfe zu sammeln, zu sichten und in wissenschaftlich geordneten Darstellungen festzuhalten.

Hierdurch soll es nicht nur dem einzelnen Fachmanne erleichtert werden, eine bessere Uebersicht über

das auf diesem Gebiete Geschaffene zu erlangen, sondern auch den leitenden Behörden, Körperschaften, Vertretungen und weiteren Kreisen der Betheiligten ermöglicht werden, an der Hand eines übersichtlichen Werkes jenen allgemeinen Einblick in das Wesen und den gegenwärtigen Stand des Wasserbaues in fast allen Kulturländern der Erde zu erlangen, welcher zur Beurtheilung einschlägiger Fragen von grösserer volkswirtschaftlicher Bedeutung unerlässlich ist. Das aus diesen Absichten hervorgegangene vorliegende Werk hat daher den Zweck, ein getreuer Spiegel dessen zu sein, was bisher auf dem Gebiete des Wasserbaues, insbesondere aber der Regulirung und Kanalisierung der Flüsse und des Baues der Schiffahrtskanäle in den Kulturländern geleistet worden ist.“

Wir haben nach sorgfältiger Prüfung des Weberschen Werkes die Ueberzeugung gewonnen, dass es seinen Zweck vollständig erfüllen wird und daher aufs beste empfohlen zu werden verdient. Engels.

Zur Besprechung eingegangene Bücher.

Albrecht, Dr. H., Grosslichterfelde. Handbuch der Gewerbehygiene mit besonderer Berücksichtigung der Unfallverhütung. Lieferung 3 u. 4. Berlin (Robert Oppenheim) 1894. — Anweisung für die praktische Ausbildung der Regierungs-Bauführer des Eisenbahnbauwesens und der Eleven und Regierungs-Bauführer des Maschinenbauwesens, der Regierungs-Bauführer des Hoch- und des Wasserbauwesens vom 13. und 18. Juni 1895.

Berlin (Wilhelm Ernst & Sohn) 1895. — Boog, Carlo, Ingenieur. Das Strassengrundbuch. Anleitung zur Darstellung und Evidenzhaltung des Bestandes von Landstrassen nebst zugehöriger Objekte nach einem graphisch-schematischen System. Mit 2 lithographirten Tafeln und einem Zeichenschlüssel. Als Manuscript gedruckt. Wien (Spielhagen & Schurich) 1895. — Breuer, Reg.-Baumeister in Hagen. Eisenbahnbrücke über die Ruhr bei

Hohensyburg, deren Einsturz in Folge des Hochwassers vom Jahre 1890 und ihre Wiederherstellung. Mit 2 Kupfertafeln und 5 Abbildungen im Text. Berlin (Wilh. Ernst & Sohn) 1895. — Contag, Max, Regierungs-Baumeister. Die Verbesserung der Wasserverbindungen Berlins mit dem Meere. Berlin (Wilh. Ernst & Sohn) 1895. — Durm, Jos., Prof. Dr., Oberbaurath in Karlsruhe. Der Zustand der antiken Athenischen Bauwerke auf der Burg und in der Stadt. Befundbericht und Vorschläge zum Schutz vor weiterem Verfall. Mit 18 Abbildungen im Text. Berlin (Wilh. Ernst & Sohn) 1895. — Eckermann, G., Oberingenieur des Norddeutschen Vereins zur Ueberwachung von Dampfkesseln in Hamburg. Tabellen über die Blechdicken und Durchmesser der Flammröhren von Dampfkesseln. Im Auftrage des internationalen Verbandes der Dampfkessel-Ueberwachungs-Vereine herausgegeben. Hamburg (Boysen & Maasch) 1895. — Francke, Adolf, Baurath. Die elastische Linie des Balkens. Mit 6 Abbild. Berlin (Wilh. Ernst & Sohn) 1895. — Fröhlich, Dr. O., Ueber Isolations- und Fehlerbestimmungen an elektrischen Anlagen. Mit 132 Abbildungen im Text. Halle a. S. (Wilhelm Knapp) 1895. — Güldner, H., Ingenieur in Magdeburg. Monteurschulen — ein Bedürfniss des praktischen Maschinenbaues! Anregung zur Beseitigung einer Lücke in unserem technischen Fachschulwesen. Magdeburg 1895. — Harburg, Der Hafen von —. Mit Plänen auf Blatt I—III. Berlin (Wilh. Ernst & Sohn) 1895. — Hammer, E., Tafeln zur Berechnung des Höhenunterschieds aus gegebenen horizontaler Entfernung und gemessenem Höhenwinkel, für Entfernungen bis 400 m und Höhenwinkel 25°. Stuttgart (J. B. Metzler) 1895. — Hoppe, Oskar, Prof. a. d. Kgl. Bergakademie zu Clausthal. Elementares Lehrbuch der Technischen Mechanik für Studierende und zum Selbstunterricht. Zweite Abtheilung. Mechanik der tropfbaren und gasförmigen Flüssigkeiten. Mit 106 Abbildungen im Text. Leipzig (Arthur Felix) 1895. — Kapp, Gisbert. Transformatoren für Wechselstrom und Drehstrom. Eine Darstellung ihrer Theorie, Konstruktion und Anwendung. Mit 133 Abbildungen im Text. Berlin (Julius Springer), München (R. Oldenbourg) 1895. — Käuffer, Paul, Ingenieur. Es giebt nicht zwei spezifische Wärmen der Luft, der Gase, sondern nur eine und es wird bei Erwärmung von Luft die ihr zugeführte

Wärme eigene Energie (Widerstandswärme) dieser Luft. Als Handschrift gedruckt. Mainz 1895. — Loewe, Carl, Geh. RR. u. Vors. d. Kaiserl. Kanal-Kommission. Geschichte des Nord-Ostsee-Kanals. Festschrift zu seiner Eröffnung am 20./21. Juni 1895. Mit 25 Tafeln. Berlin (Wilh. Ernst & Sohn) 1895. — Müller, Friedr., Kgl. Regierungs-Baumeister. Grundzüge des Kleinbahnwesens. Im Auftrage des kgl. Preussischen Ministeriums der öffentlichen Arbeiten. Berlin (Wilh. Ernst & Sohn) 1895. — Pfitzner, H., Ober-Postdirektions-Sekretär, Leipzig. Die elektrischen Starkströme, ihre Erzeugung und Anwendung. In leichtfasslicher Weise dargestellt. Mit 44 Figuren. Zweite Auflage. Leipzig (Oskar Leiner) 1894. — Pfuhl, E., Prof. d. mechan. Technologie am Polytechnikum zu Riga. Weitere Fortschritte in der Flachsgewinnung. Mit 3 Tafeln. Riga (N. Kymmel) 1895. — Pizzighelli, G., k. k. Oberstlieutenant im Genie-Stabe. Anleitung zur Photographie für Anfänger. 7. Aufl. Mit 153 Holzschnitten. Halle a. S. (Wilh. Knapp) 1895. — Rettig, W., Städt. Oberbaurath a. D. zu München. Neue Schulbank. Leipzig (Lehrmittel-Anstalt von Dr. Oskar Schneider) 1895. — Schoop, Paul, Doktor der Naturwissenschaften. Die Sekundär-Elemente. Auf Grundlage der Erfahrung dargestellt. I. Theil, enthaltend die Theorie des Blei-Sammlers und Konstruktion von Planté-Batterien. Mit 16 Kurven und 32 Figuren. Halle a. S. (Wilh. Knapp) 1895. — Smith, L. S., B. C. E. Instructor in Engineering. An experimental study of field methods, which will insure to stadia measurements greatly increased accuracy. Sonderdruck aus dem Bulletin of the university of Wisconsin. Engineering Series, Vol. 1, No. 5. Wisconsin (Madison) 1895. — Tolkmitt, G., kgl. preussischer Baurath. Leitfaden für das Entwerfen und die Berechnung gewölbter Brücken. Berlin (Wilh. Ernst & Sohn) 1895. — Ulbrich, A., Architekt. Bürgerliche Baukunde. Anleitung zum Entwerfen der Grundrisse von Villen, freistehenden und eingebauten Familienwohnhäusern und Mieth- oder Zinshäusern. Mit 121 in den Text eingedruckten Figuren. Hildburghausen (Otto Pezoldt) 1895. — Wien, Bericht über die vom k. k. Ackerbauministerium einberufene Expertise betreffend die landwirtschaftliche Verwerthung der Wiener Abfallwässer 1893—1894. Wien (k. k. Ackerbauministerium) 1895.

Personal-Notizen.

Verzeichniss der bei der Königlich Sächsischen Staatseisenbahn-Verwaltung bezüglich der technischen Beamten vorgekommenen Veränderungen.

Zu- und Vorname	Zeitherrige Funktion	Veränderungen, Ordensverleihungen
Möllering, Johann Heinrich,	Regierungsbaumeister	Versetzung in gleicher Eigenschaft von der Maschinen-Hauptverwaltung zur Betriebstelegraphen-Oberinspektion.
Hunte, Johann Heinrich Wilhelm,	Maschineninspektor	Baurath.
Spangenberg, Julius Otto,	Bauinspektor	Baurath.
Peters, Friedrich Theodor,	Finanzrath	Ritterkreuz I. Kl. vom Verdienstorden.
v. Schönberg, Albert Kaspar Christof,	Betriebsdirektor	Ritterkreuz I. Kl. vom Albrechtsorden.
Klette, Otto Reinhold,	Baurath	Ritterkreuz I. Kl. vom Albrechtsorden.
Pressler, Paul,	Finanzrath in Wartegeld	Gestorben.
Basse, Ernst Eduard,	Regierungsbaumeister bei der Bezirks-Bauinspektion Dresden-Neustadt	Versetzung in gleicher Eigenschaft zur Bauinspektion Chemnitz I.
Krah, Friedrich Otto,	Regierungsbaumeister beim Sektions-bureau Reichenbach i. V.	Versetzung in gleicher Eigenschaft zur Bezirks-Bauinspektion Dresden-Neustadt.
v. Metzsch, Hugo Leopold Walther,	Regierungsbaumeister bei der Bauinspektion Chemnitz I	Versetzung in gleicher Eigenschaft zum Sektions-bureau Limbach.
Hofmann, Johann Friedrich Albert,	Bahnverwalter	Regierungsbaumeister.
Nier, Erich,	Regierungsbauführer	Regierungsbaumeister.
Winter, Wilhelm Kurt,	Regierungsbauführer	Regierungsbaumeister.
Meyer, Moritz Ludwig Georg,	Regierungsbauführer	Regierungsbaumeister.
Richter, Gustav Arthur,	Regierungsbauführer	Regierungsbaumeister.

Dresden, am 9. September 1895.

Kanzlei des Königlich Sächsischen Finanzministeriums.

I. Angelegenheiten des Vereins.

Fehlen.

II. Vorträge und Abhandlungen.

Neue Ableitung der Gleichung der Kettenlinie und deren zeichnerische Bestimmung.

Von

Prof. **Land** in Konstantinopel.

Es ist bekannt, dass die Ableitung der Gleichung der gemeinen Kettenlinie ziemlich umständlich ist und viele Zwischenoperationen erfordert, wodurch die ganze Entwicklung an Uebersichtlichkeit verliert und den Studirenden gewisse Schwierigkeiten bietet. Aus diesem Grunde bemühte sich Herr Tayar Effendi, ein früherer Schüler der K. ottomanischen Ingenieurschule in Konstantinopel (an welcher auch der Verf. thätig ist) und seit mehreren Jahren Lehrer der Mechanik daselbst, eine einfachere Ableitung der genannten Gleichung zu finden. Die meistens gewählte Ableitung nimmt als Ausgangspunkt die allgemeine Differentialgleichung der Seillinie, durch deren zweifache Integration und verschiedene Umformung der erhaltenen Zwischengleichungen das Endergebniss gefunden wird. Herr Tayar suchte auf möglichst direktem Wege zu einer Differentialgleichung zu gelangen, und nach mehrfacher Rücksprache mit dem Unterzeichneten, der ihn auf die Darstellung des Gleichgewichtes eines Kettenelementes durch ein elementares Kräftedreieck und die aus geometrischen Beziehungen sich ergebende Differentialgleichung verwies, sowie auf die Vereinfachung bei der Integration dieser gefundenen Differentialgleichung durch passende Wahl der Konstanten, gelang es Herrn Tayar, die nachstehend unter I angeführte Ableitung zu finden. Bei weiterer Vertiefung in den Gegenstand behufs Veröffentlichung fand der Unterzeichnete noch eine andere, einfachere Ableitung, welche unter II enthalten ist, sowie die sich daran anschliessende zeichnerische Darstellung.

Konstantinopel, April 1895. Robert Land.

Civilingenieur XLII.

I. Ableitung nach Tayar Effendi.

Bezeichnungen:

p = Gewicht der Längeneinheit der Kette.

x, y = Koordinaten eines beliebigen Kettenpunktes B .

Man wähle die Y -Achse durch den Kettenscheitel parallel der Schwerrichtung, die X -Achse zunächst beliebig senkrecht hierzu. Stellt man das Gleichgewicht des an B stossenden Bogentheilchens ds mit den Endspannungen S und $S + dS$, deren Neigungswinkel a und $a + da$ gegen die X -Achse seien, durch ein Kräftedreieck dar, gebildet aus der lothrechten Kraft pds und den beiden genannten Endspannungen, so ist die Projektion von pds auf $S + dS$ gleich dS und aus der Aehnlichkeit des so gebildeten kleinen Dreiecks (aus pds und dS) mit dem zum Bogenelement ds gehörigen Dreieck (aus dx, dy) folgt (vergl. Fig. 1 auf S. 503):

$$\frac{dS}{pds} = \frac{dy}{ds}, \text{ also } dS = pdy,$$

integriert:

$$S = py + C.$$

Für den Kettenscheitel sei:

$$S_0 = pa + C,$$

wenn a = Scheitelordinate.

Hiernach:

$$S - S_0 = py - pa.$$

Man wähle nun a , d. h. die Lage der X -Achse, Fig. 1, derart, dass:

$$S_0 = pa, \quad \dots \dots \dots (1)$$

so wird einfach:

$$S = py. \quad \dots \dots \dots (2)$$

Um die Spannkraft S aus dieser Gleichung zu be-
seitigen, beachte man, dass der Kontingenzwinkel
 $d\alpha$ aus dem Kräfte-dreieck folgt zu:

$$d\alpha = \frac{pds \cos \alpha}{S} = \frac{pdx}{py} = \frac{dx}{y},$$

und nach der allgemeinen analytischen Formel zu:

$$d\alpha = \left(\frac{dx}{ds}\right)^2 d\left(\frac{dy}{dx}\right).$$

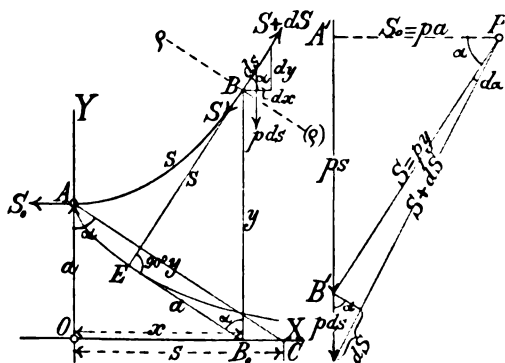


Fig. 1.

Die Gleichheit ergibt, wenn $\frac{dy}{dx} = v$ und $(ds)^2 = (dx)^2 + (dy)^2$ gesetzt wird:

$$\frac{dv}{1+v^2} = \frac{dx}{y} = \frac{dy}{vy};$$

geändert:

$$\frac{d(1+v^2)}{1+v^2} = \frac{2dy}{y};$$

integriert:

$$\ln(1+v^2) = 2\ln y + C;$$

für den Kettenscheitel:

$$0 = 2\ln a + C,$$

abgezogen:

$$\ln(1+v^2) = 2\ln\left(\frac{y}{a}\right)$$

oder:

$$1+v^2 = \left(\frac{y}{a}\right)^2 \quad \dots \quad (3)$$

Geändert:

$$\left(\frac{dy}{dx}\right)^2 = \left(\frac{y}{a}\right)^2 - 1.$$

Durch Wurzelziehen und Umformen:

$$\frac{dy}{\sqrt{\left(\frac{y}{a}\right)^2 - 1}} = dx; \quad \frac{d\left(\frac{y}{a}\right)}{\sqrt{\left(\frac{y}{a}\right)^2 - 1}} = \frac{dx}{a};$$

integriert:

$$\ln\left(\frac{y}{a} - \sqrt{\left(\frac{y}{a}\right)^2 - 1}\right) = \frac{x}{a} + C.$$

Da für den Scheitel $y = a$, $x = 0$, folgt $C = 0$,
also weiter:

$$-\sqrt{\left(\frac{y}{a}\right)^2 - 1} = e^{\frac{x}{a}} - \frac{y}{a};$$

quadrirt:

$$-1 = e^{\frac{2x}{a}} - 2\frac{y}{a} \cdot e^{\frac{x}{a}},$$

$$\text{woraus:} \quad y = \frac{1}{2}a \left(e^{\frac{x}{a}} + e^{-\frac{x}{a}} \right) \quad \dots \quad (4)$$

als Gleichung der Kettenlinie.

II. Ableitung von R. Land.

Die Entwicklung lässt sich noch kürzer, mit ein-
facheren Hilfsmitteln und werthvollen Zwischenergeb-
nissen, in übersichtlicher Form wie folgt gestalten.

1. Aus dem elementaren Kräfte-dreieck (pds ,
 S , $S + dS$) erkennt man:

a) die statische Beziehung: die wagerechten Seiten-
kräfte aller Spannungen S sind konstant, gleich der
wagerechten Spannkraft S_0 im Kettenscheitel A ;

b) die analytische Beziehung (durch Vergleich
mit dem elementaren Bogendreieck ds , dx , dy , ähnlich
wie unter I):

$$dS = pds \sin \alpha = pdy;$$

integriert:

$$S = py + C;$$

für den Scheitel:

$$S_0 = pa + C,$$

also:

$$S - S_0 = py - pa,$$

wonach, wie unter I, gesetzt werde:

$$\begin{cases} S_0 = pa \quad \dots \quad (1) \\ S = py, \quad \dots \quad (2) \end{cases}$$

in Worten: die Kettenspannung S ist gleich dem Ge-
wichte, welches die für die Längeneinheit gleich schwer
gedachte Ordinate y besäße.

2. Aus dem Kräfte-dreieck $PA'B'$ für die Bogen-
länge $AB = s$, wobei also $A'B' = ps$ (lothrecht),
 $PA' = S_0 = pa$ (wagerecht) und $PB' = S = py$ [nach
(1) und (2)], folgt bei Division dieser Kräfte durch p
sofort die wichtige Beziehung:

Die drei Strecken a , s , y bilden ein recht-
winkliges Dreieck mit der Hypotenuse y und dem
Winkel α zwischen y und a , gleich dem Neigungswinkel
der Tangente bei B gegen die X -Achse, d. h. es ist:

$$s^2 = y^2 - a^2 \quad \dots \quad (3)$$

3. Die Aehnlichkeit des Kräfte-dreiecks $PA'B$

mit dem unendlich kleinen Bogendreieck aus dx , dy , ds giebt die gesuchte Beziehung zwischen y und x :

$$\frac{dy}{dx} = \frac{ps}{pa} = \frac{\sqrt{y^2 - a^2}}{a} \quad [\text{nach (3)}],$$

oder:

$$\frac{dy}{\sqrt{y^2 - a^2}} = \frac{dx}{a};$$

integriert:

$$\ln(y + \sqrt{y^2 - a^2}) = \frac{x}{a} + C;$$

für den Scheitel A ist $x = 0$, $y = a$:

$$\ln a = C,$$

abgezogen und umgeändert:

$$\frac{1}{a}(y + \sqrt{y^2 - a^2}) = e^{\frac{x}{a}};$$

die Wurzel durch Quadrieren beseitigt:

$$y^2 - a^2 = a^2 e^{\frac{2x}{a}} - 2ya e^{\frac{x}{a}} + y^2,$$

woraus:

$$y = \frac{a}{2} \left(e^{\frac{x}{a}} + e^{-\frac{x}{a}} \right) \quad (4)$$

Zwischenbemerkung. Will man Hyperbelfunktionen benutzen, so folgt nach Umformung der oben gefundenen Gleichung

$$\frac{dy}{\sqrt{y^2 - a^2}} = \frac{dx}{a} \quad \text{in:} \quad \frac{d\left(\frac{y}{a}\right)}{\sqrt{\left(\frac{y}{a}\right)^2 - 1}} = \frac{dx}{a},$$

durch Integration sofort*)

$$\operatorname{Ar} \operatorname{Coj} \frac{y}{a} = \frac{x}{a} + C.$$

Da für den Scheitel $x = 0$, $y = a$, folgt $C = 0$, also:

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{Ar} \operatorname{Coj} \frac{y}{a} &= \frac{x}{a} \quad \text{oder} \quad x = a \cdot \operatorname{Ar} \operatorname{Coj} \frac{y}{a} \\ \frac{y}{a} &= \operatorname{Coj} \frac{x}{a} \quad \text{oder} \quad y = a \cdot \operatorname{Coj} \frac{x}{a} \end{aligned} \right\} \quad (4a)$$

4. Die Bogenlänge s und einige geometrische Eigenschaften der Kettenlinie.

Die Bogenlänge s , nur abhängig von der Abszisse x , erhält man durch Einsetzen von y nach (4) in (3):

$$\begin{aligned} s^2 = y^2 - a^2 &= \left(\frac{a}{2}\right)^2 \left(e^{\frac{2x}{a}} + e^{-\frac{2x}{a}} + 2\right) - a^2 \\ &= \left(\frac{a}{2}\right)^2 \left(e^{\frac{2x}{a}} + e^{-\frac{2x}{a}} - 2\right), \end{aligned}$$

*) Vergl. z. B. Ligowski, Taschenbuch der Mathematik, 3. Aufl., S. 172.

$$s = \frac{a}{2} \left(e^{\frac{x}{a}} - e^{-\frac{x}{a}} \right) \quad (5)$$

oder:

$$s = a \operatorname{Sin} \frac{x}{a}.$$

Zeichnerische Darstellung von s . Ist die Kettenlinie durch berechnete Ordinaten y punktuise aufgezeichnet, so findet man $s = \widehat{AB}$ nach (3) durch Abtragen der Ordinate y zwischen Bogenscheitel A und X -Achse: $y = AC$, wonach:

$$OC = \sqrt{y^2 - a^2} = \text{Bogenlänge } s.$$

Gleichzeitig ist $\angle OAC = a$ [nach Satz unter (2)], d. h. die Tangente an B steht senkrecht auf AC .

Weiter folgt: Projiziert man die Ordinate $y = B_0B$ auf die Tangente in B , so ist das entstehende Dreieck B_0EB gleich Dreieck AOC , also:

$$EB = OC = s = \text{Bogen } BA;$$

daher ist E ein Punkt der Evolvente, wenn bei Scheitel A der Beginn der Abwicklung ist, und $EB_0 = a \perp BE$ ist Tangente an die Evolvente in E . Diese Evolvente hat also die Eigenschaft, dass ihre Tangentenlänge bis zur X -Achse: $EB_0 = a = \text{const.}$ ist (Huyghens Traktorie).

Der Krümmungshalbmesser ϱ an der Stelle B berechnet sich, wenn da der dortige Kontingenzwinkel ist, aus:

$$ds = \varrho da \quad \text{zu} \quad \varrho = \frac{ds}{da}.$$

Dieses Verhältniss ergibt sich aus dem kleinen Kräfte-dreieck:

$$S da = p ds \cos a, \quad \text{und da} \quad S = py,$$

folgt:

$$\varrho = \frac{ds}{da} = \frac{y}{\cos a} \quad (6)$$

d. h. der Krümmungshalbmesser ϱ in B ist gleich (aber entgegengerichtet) der Normalen in B bis zur X -Achse. Für den Kettenscheitel folgt hiernach $\varrho_0 = a$, d. h. die Scheitelordinate a ist gleich dem dortigen Krümmungshalbmesser.

Setzt man aus dem Kräftedreieck $\cos a = \frac{a}{y}$ in (6), so entsteht ferner der analytische Ausdruck:

$$\varrho = \frac{y^2}{a} \quad (6a)$$

(Die angegebenen Eigenschaften der Kettenlinie findet man z. B. zusammengestellt in dem Taschenbuche der „Hütte“.)

kürzer als s_2' ist. Die gefundenen Ordinaten der Kettenlinie werden demnach etwas zu klein ausfallen.

b) Genaueres Verfahren (dargestellt in der unteren Seillinie in Fig. 2 mit Polweite $A'O'$).

Man bestimme die Bogenlängen s' genauer, wie an Bogentheile $s_5' = 45$ gezeigt werden möge. Der Kräftezug sei bis 4_0 gezeichnet, entsprechend dem Kettenpunkt 4 in der Mitte der zugehörigen Tangente $4'5' \perp A'4_0$. Es ist nun Bogenlänge $s_5' = 45$ zu bestimmen (ohne Kettenpunkt 5 zu kennen), deren mittlere Neigung α_5 gleich derjenigen der Tangente t_5' bei 5' ist. Diese Tangente erhält man aber durch Aufsuchen des 5' angenähert entsprechenden Punktes $5_0'$ im Kräftezug, indem man macht: $4_0 5_0' = 45'$ (ganz unbedeutend kleiner als der mathematisch genaue halbe Bogen $\frac{45}{2}$). Es ist

nun $t_5' \perp A'5_0'$ und s_5' die der Projektion d unter Winkel α_5 entsprechende Strecke von t_5' . Zieht man daher durch 1_0 eine Lothrechte v , so schneidet, da $O'1_0 = d$ ist, die durch O' zu $A'5_0'$ gezogene Senkrechte ($\parallel t_5'$) bis zum Schnitt mit v die Strecke s_5' ab, wonach man diese Strecke gleich $4_0 5_0$ macht. Da $4_0', 4_0, 5_0'$ die den Seilpunkten 4', 4, 5' entsprechenden Punkte des Kräftezuges sind, so folgt, weil 4 die Mitte von $4'5'$ ist, der Zwischenpunkt $5_0'$ einfacher durch die Gleichheit $4_0'4_0 = 4_0 5_0'$. Daraus folgt, dass jeder folgende Zwischenpunkt $6_0', 7_0' \dots$ aus dem je vorhergehenden ohne Benutzung der Seillinie bestimmt werden kann, dass also, nach Annahme der Einheit d , der ganze Kräftezug von vornherein unabhängig von der Seillinie gefunden werden kann, indem man den ersten Zwischenpunkt $1_0'$ in der Mitte von $O'1_0 = d$ annimmt. Zweckmässig wird man jedoch Kräftezug und Seillinie gleichzeitig entwickeln, wie nachstehend von Punkt 5_0 an gezeigt ist.

- { Seilseite $5'6' \perp$ Polstrahl $A'5_0$; $5_0 6_0' = 5_0 5_0'$,
- { Bestimmg. v. $s_6' \perp A'6_0'$ zwischen O' u. v , $5_0 6_0 = s_6'$;
- { Seilseite $6'7' \perp$ Polstrahl $A'6_0$; $6_0 7_0' = 6_0 6_0'$,
- { Bestimmg. v. $s_7' \perp A'7_0'$; $6_0 7_0 = s_7'$; u. s. w.

.

Vergleichung der Verfahren a) und b). Der Verfasser hat zur Prüfung die Seillinie nach beiden Verfahren, unter der Annahme $a = 10 \text{ cm}$, $d = 1 \text{ cm}$, bis zur 10. Ordinate, d. h. bis Kettenpunkt 10, möglichst genau gezeichnet und die 6. und 10. Ordinate gemessen; dieselben sollen sich, nach den Hyperbelfunktionen nach Gleichung (4a) berechnet, ergeben zu:

$$y_6 = 11,86 \text{ cm}, \quad y_{10} = 15,43 \text{ cm},$$

während die Zeichnung ergab:

nach Verfahren a):

$$y_6 = 11,86, \quad y_{10} = 15,40 \text{ cm (d. h. } y_{10} \text{ etwas zu klein),}$$

nach Verfahren b):

$$y_6 = 11,87, \quad y_{10} = 15,44 \text{ cm (d. h. unbedeutend grösser).}$$

Würde man nach dem einfacheren Verfahren a) die mit dem Zirkel abgegriffenen Seilseiten (s') stets eher etwas zu gross als zu klein abgreifen, besonders, je steiler die Seilseiten werden (was Verfasser nicht gethan hat), so würde man günstigere Ergebnisse erzielt haben. Zu den Ergebnissen nach Verfahren b) ist zu bemerken, dass die gefundenen Ordinaten streng genommen auch etwas kleiner als die mathematisch genauen sein sollten, während sie sich unbedeutend grösser ergeben haben; daraus folgt, dass die gewöhnlichen, unvermeidlichen Zeichenfehler in vorliegendem Falle bereits grösser waren als die Ungenauigkeit, welche in dem Verfahren selbst liegt, so dass dieses, immerhin noch recht einfache zeichnerische Verfahren mindestens in allen den Fällen am Platze sein wird, wo man keine Tafeln der Hyperbelfunktionen zur Hand hat. Die grosse Genauigkeit des Verfahrens b) ergibt sich auch daraus, dass die, den Strecken $AC = y$ in Fig. 1 entsprechenden Polstrahlen sich genau so gross wie die Ordinaten y herausstellten, nämlich:

$A'6_0 = 11,87 \text{ cm} (= y_6)$ und $A'10_0 = 15,44 \text{ cm} (= y_{10})$, während sich die entsprechenden Polstrahlen bei Verfahren a) kleiner als die gleichzeitig gefundenen Ordinaten herausstellten, nämlich:

$$A6_0 = 11,85 \text{ cm (anstatt 11,86)}$$

und

$$A10_0 = 15,25 \text{ cm (anstatt 15,40).}$$

Ein Volumenmesser für poröse Körper.

Mittheilung aus dem technol. Laboratorium der Kgl. Technischen Hochschule zu Dresden.

Von

A. Baltabol in Wien.

Die Bestimmung des spezifischen Volumens für poröse Körper ist bekanntlich eine ziemlich schwierige Aufgabe, deren Lösung man nach den verschiedensten Richtungen versucht, was die Zahl der verschiedenen Methoden bestätigen mag, dieselben sind aber zumeist bestimmten Eigenschaften einzelner zu untersuchender Körperarten angepasst, wodurch ihre allgemeine Brauchbarkeit oft beschränkt wird. Diese Erfahrung wurde auch im obigen Laboratorium gemacht, als es sich darum handelte, das Volumen von Hölzern genauer zu bestimmen, als solches auf dem Wege direkter Messung möglich ist. Erschwerend wirkte noch der Umstand, dass die Versuchskörper als Ganzes zur Volumenbestimmung benutzt werden mussten, deren Dimensionen zwischen 40 und 90 *ccm* schwankten, 4 und 9 *qcm* Querschnitt bei 10 *cm* Länge. Es erschien demnach nur die von Chevandier und Wertheim*) benutzte, später von Herrn W. Wedding in Berlin**) weiter ausgebildete Methode der Quecksilberverdrängung geeignet, wenn es gelang, die verdrängte Menge desselben genauer zu bestimmen, als mit Hülfe eines verkorkten Glasfläschchens, in welches der zu untersuchende Körper gebracht wurde, wie es die genannten Herren ausführten, wobei die überfließende Quecksilbermenge bestimmt wurde. Dieses Ueberfließen ergab bei der verhältnissmässig grossen Quecksilbermenge vermöge des noch ziemlich beträchtlichen molekularen Zusammenhanges desselben eine Quelle grosser Ungenauigkeiten. Es wurde daher das umgekehrte Verfahren angewandt, d. h. statt das verdrängte Quecksilbervolumen überfließen zu lassen, so viel Quecksilber zuzufügen, nachdem der Versuchskörper entfernt worden war, als die Volumenverdrängung betrug, wobei als fester Anhalt dasselbe Quecksilberniveau in dem Versuchsgefäss dienen sollte.

Die Textfigur giebt die Ausführung des hierbei benutzten Apparates. In dem Glasgefäss (*A*) wird der Versuchskörper (*B*) mit zwei Schrauben (*C*₁ *C*₂) festgehalten, dann das Quecksilber daraufgefüllt und sein Niveau mit dem Pendel (*E*), einer Nähnadel mit sehr feiner Spitze, durch eine Bleikugel beschwert, durch die Mikrometerschraube (*F*) in genaue Berührung gebracht. Vorher müssen die an den Gefässwänden anhaftenden Luftblasen entfernt werden, was am besten mit einem Glasstäbchen geschieht,

*) Die mechanischen Eigenschaften des Holzes. Eine Abhandlung, vorgelegt der Akad. d. Wissensch. in Paris von E. Chevandier u. G. Wertheim, übersetzt von Dr. W. F. Exner. Wien 1871.

**) Verh. d. V. z. Beförderung des Gewerbefleisses in Preussen 1878, S. 104.

ebenso können die am Versuchskörper anhaftenden Luftblasen durch eine Schwingbewegung desselben um seinen Befestigungspunkt zum Aufsteigen veranlasst werden. Dann bewegt man vorsichtig das an dem Arme (*J*) drehbar in der Gestellsäule befindliche Pendel zur Seite, um Raum für das Herausnehmen des Versuchskörpers zu gewinnen, was durch Rückdrehung einer der Schrauben (*C*) erfolgt. Rathsam ist hierbei, durch ein geeignetes Werkzeug den Körper von oben festzuhalten, damit er nicht durch den Auftrieb des Quecksilbers hinausgeschleudert würde. Etwa anhaftendes Quecksilber wird durch eine Federpose oder Pinsel abgestrichen. Zu beachten ist ferner, dass die zurückgedrehte Schraube (*C*) wieder in ihre Anfangsstellung gebracht werden muss, welche durch eine Marke leicht zu fixiren ist; dann dreht man das Pendel ebenso vorsichtig zur Mitte und lässt aus einer Bürette so viel Quecksilber zufließen, bis die Pendelspitze das Quecksilberniveau in der vorigen Weise berührt. Diese Berührung ist durch die feine Pendelspitze und ihr Spiegelbild auf der Quecksilberoberfläche mit grösster Genauigkeit erreichbar. Nun ergiebt die Bürettenablesung direkt das gewünschte Volumen. Um den Versuch fortzusetzen, wird das im Gefäss befindliche Quecksilber durch die Oeffnung (*D*) bis zur gewünschten Tiefe abgelassen. Die in der Figur dargestellte Bürettenfüllung durch Hebung des Trichters (*H*) ermöglicht, das Eintreten von Luftblasen zu verhindern, zugleich aber eine bequeme Einstellung der Quecksilbersäule in der Bürette auf die Null-Marke. Nachfolgende Beispiele mögen den Grad der Genauigkeit einiger Bestimmungen mit verschiedenen Körpern erweisen.

Mit einem Gusseisen-Würfel von glatter Oberfläche, dessen Volumen durch Wägung an der Luft und unter Wasser zu 12,562 *ccm* bestimmt wurde, ergab der Volumenmesser bei 10 Bestimmungen folgende Werthe:

	Büretten- Ablesungen	<i>A</i>	<i>A</i> ²		Büretten- Ablesungen	<i>A</i>	<i>A</i> ²
1	12,56	0,01	0,0001	6	12,57	0,00	0,0000
2	12,57	0,00	0,0000	7	12,63	0,06	0,0036
3	12,58	0,01	0,0001	8	12,49	0,08	0,0064
4	12,62	0,05	0,0025	9	12,59	0,02	0,0004
5	12,57	0,00	0,0000	10	12,55	0,02	0,0004
				<i>V</i> _m = 12,57 Σ <i>A</i> ² = 0,0135			

Die Bestimmung des wahrscheinlichen Fehlers*) ergab für den Einzelwerth:

*) Leitfaden der praktischen Physik von F. Kohlrausch, 7. Aufl., S. 2.

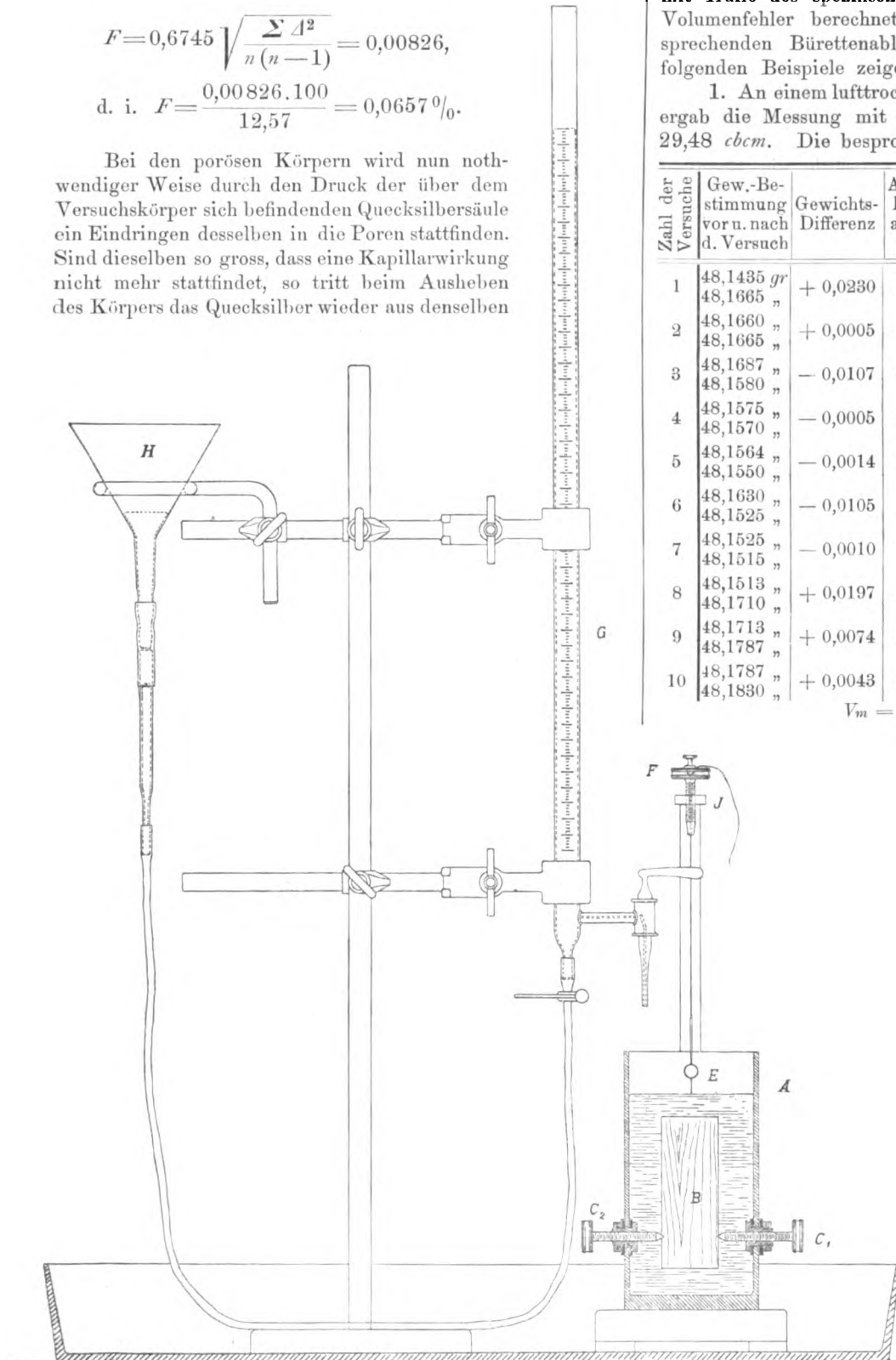
$$f = 0,6745 \sqrt{\frac{\sum \Delta^2}{n-1}} = 0,0261$$

und für den Mittelwerth:

$$F = 0,6745 \sqrt{\frac{\sum \Delta^2}{n(n-1)}} = 0,00826,$$

$$\text{d. i. } F = \frac{0,00826 \cdot 100}{12,57} = 0,0657\%.$$

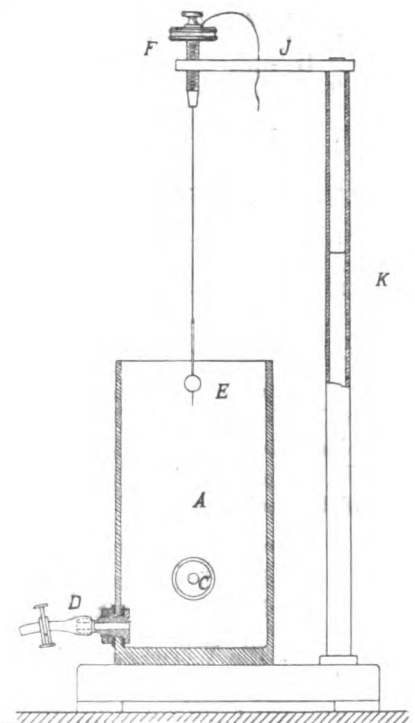
Bei den porösen Körpern wird nun nothwendiger Weise durch den Druck der über dem Versuchskörper sich befindenden Quecksilbersäule ein Eindringen desselben in die Poren stattfinden. Sind dieselben so gross, dass eine Kapillarkwirkung nicht mehr stattfindet, so tritt beim Ausheben des Körpers das Quecksilber wieder aus denselben



heraus und verbleibt im Gefäss, im entgegengesetzten Falle aber kann durch eine Wägung des Körpers vor und nach dem Versuch die Gewichtszunahme bestimmt und hieraus, mit Hülfe des spezifischen Gewichts vom Quecksilber, der Volumenfehler berechnet werden, der dann an der entsprechenden Bürettenablesung zu korrigiren wäre. Die folgenden Beispiele zeigen einige derartige Fälle.

1. An einem lufttrockenen Backsteinwürfel (Lehm) ergab die Messung mit einer Schublehre das Volumen zu 29,48 cbcm. Die besprochene Methode dagegen:

Zahl der Versuche	Gew.-Bestimmung vor u. nach d. Versuch	Gewichts-Differenz	Auf der Bürette abgeles. Vol.	Volumen-Korrektur	Richtiges Vol.	Δ	Δ^2
1	48,1435 gr 48,1665 "	+ 0,0230	28,80	- 0,00171	28,80	0,09	0,0081
2	48,1660 " 48,1665 "	+ 0,0005	28,71	- 0,000037	28,71	0,00	0,0000
3	48,1687 " 48,1580 "	- 0,0107	28,65	+ 0,00079	28,65	0,06	0,0036
4	48,1575 " 48,1570 "	- 0,0005	28,79	+ 0,000037	28,79	0,08	0,0064
5	48,1564 " 48,1550 "	- 0,0014	28,72	+ 0,000104	28,72	0,01	0,0001
6	48,1630 " 48,1525 "	- 0,0105	28,64	+ 0,00078	28,64	0,07	0,0049
7	48,1525 " 48,1515 "	- 0,0010	28,70	+ 0,000074	28,70	0,01	0,0001
8	48,1513 " 48,1710 "	+ 0,0197	28,80	- 0,00146	28,80	0,09	0,0081
9	48,1713 " 48,1787 "	+ 0,0074	28,64	- 0,00054	28,64	0,07	0,0049
10	48,1787 " 48,1830 "	+ 0,0043	28,68	- 0,00032	28,68	0,08	0,0064
			$V_m = 28,71$	$\sum \Delta^2 = 0,0371$			



Da das spezifische Gewicht von Quecksilber bei $0^{\circ} = 13,596$ ist, so ist dasselbe bei

$$19,0^{\circ} \text{ C.} = \frac{s}{1 + 3 \alpha t} = 13,457 \text{ für } \alpha = 0,000181.$$

Dass nun bei den Volumenkorrekturen

$$\Sigma (+) = 0,001785,$$

$\Sigma (-) = 0,004067$ ist, der Gesamtfehler somit — 0,003282 *ccm* beträgt, so ersieht man, dass derselbe den Mittelwerth V_m gar nicht beeinflusst. Erst ein Werth der Volumenkorrektur von 0,005 *ccm* würde die Bürettenablesung beeinflussen, was einer Gewichts Differenz von $0,005 \cdot 13,457 = 0,0673$ *gr* entspräche, welcher Werth aber bei der vorigen Versuchsreihe bei weitem nicht erreicht wurde.

Die wahrscheinlichen Fehler ergeben sich hier

für den Einzelwerth $f = 0,0433$,

„ „ Mittelwerth $F = 0,0137$, d. i. 0,0488 %.

2. An einem lufttrockenen stark gebrannten Mergelwürfel betrug das gemessene Volumen = 26,11 *ccm*. Der Volumenmesser ergab:

Zahl der Versuche	Gew.-Bestimmung vor u. nach d. Versuch	Gewichts-Differenz	Auf der Bürette abgeles. Vol.	Volumen-Korrektur	Richtiges Vol.	Δ	Δ^2
1	41,1892 <i>gr</i> 41,1953 „	+ 0,0061	25,38	— 0,00045	25,38	0,01	0,0001
2	41,1949 „ 41,1929 „	— 0,0020	25,46	+ 0,00015	25,46	0,07	0,0049
3	41,1927 „ 41,1955 „	+ 0,0028	25,40	— 0,00021	25,40	0,01	0,0001
4	41,1955 „ 41,1948 „	— 0,0007	25,41	+ 0,000052	25,41	0,02	0,0004
5	41,1948 „ 41,1942 „	— 0,0006	25,37	+ 0,000045	25,37	0,02	0,0004
6	41,1940 „ 41,2046 „	+ 0,0106	25,31	— 0,00079	25,31	0,08	0,0064
7	41,2046 „ 41,1946 „	— 0,0100	25,43	+ 0,00075	25,43	0,04	0,0016
8	41,1946 „ 41,2073 „	+ 0,0127	25,39	— 0,00095	25,39	0,00	0,0000
9	41,2070 „ 41,2033 „	— 0,0037	25,36	+ 0,00027	25,36	0,03	0,0009
10	41,2032 „ 41,2025 „	— 0,0007	25,38	+ 0,000052	25,38	0,01	0,0001
$V_m = 25,39$					$\Sigma \Delta^2 = 0,0149$		

Spezifisches Gewicht von Quecksilber bei $24,3^{\circ} \text{ C.} = 13,419$. Da die Fehlergrenze für die Gewichts Differenz hier 0,0671 *gr* beträgt, so ergibt sich auch hier, dass V_m durch die in der Tabelle vorkommenden Differenzen nicht beeinflusst wird.

Die wahrscheinlichen Fehler sind

für die Einzelwerthe $f = 0,0275$,

„ den Mittelwerth $F = 0,00869$ oder 0,0343 %.

3. Ein Würfel aus weissem Postelwitzer Sandstein mit dem durch Messung gefundenen Volumen = 67,24 *ccm*.

Zahl der Versuche	Auf der Bürette abgelesenes Volumen.	Δ	Δ^2
1	64,55	0,02	0,0004
2	64,65	0,12	0,0144
3	64,58	0,05	0,0025
4	64,45	0,08	0,0064
5	64,40	0,13	0,0169
$V_m = 64,53$		$\Sigma \Delta^2 = 0,0406$	

Das Gewicht des Würfels betrug vor der ersten Bestimmung 125,490 *gr* und nach der letzten 125,489 *gr*, was eine Korrektur nach dem Früheren überflüssig macht.

Die wahrscheinlichen Fehler sind:

$$f = 0,06795,$$

$$F = 0,03039 \text{ oder } 0,0465 \text{ \%}.$$

4. Ein Ebenholzprisma von 42,01 *ccm* durch Messung gefundenen Volumen und 47,9740 *gr* Gewicht vor dem Versuch.

Zahl der Versuche	Büretten-Ablesungen	Δ	Δ^2
1	41,73	0,08	0,0064
2	41,71	0,06	0,0036
3	41,48	0,17	0,0289
4	41,60	0,05	0,0025
5	41,72	0,07	0,0049
6	41,52	0,13	0,0169
7	41,60	0,05	0,0025
8	41,67	0,02	0,0004
9	41,70	0,05	0,0025
10	41,76	0,11	0,0121
$V_m = 41,65 \text{ ccm.}$		$\Sigma \Delta^2 = 0,0807$	

Nach diesen 10 Versuchen betrug das Gewicht des Ebenholzprismas = 47,9690 *gr*, entsprechend einer Abnahme von 0,005 *gr*, was jedenfalls die Annahme des Eindringens von Quecksilber in die Porenkanäle ausschliesst.

Die wahrscheinlichen Fehler sind:

$$f = 0,064,$$

$$F = 0,019 \text{ oder } 0,0456 \text{ \%}.$$

5. Das sehr poröse Hickoryholz zeigte in lufttrockenem Zustande als Prisma von 40,44 *ccm* folgendes Verhalten:

Zahl der Versuche	Gew.-Bestimmung vor u. nach d. Versuch	Gewichts-Differenz	Auf der Bürette abgeles. Vol.	Volumen-Korrektur	Richtiges Vol.	Δ	Δ^2
1	32,0705 <i>gr</i> 32,2060 „	+ 0,1355	39,93	— 0,010	39,92	0,01	0,0001
2	32,2060 „ 32,2760 „	+ 0,0700	39,86	— 0,005	39,85	0,08	0,0064
3	32,2748 „ 32,3095 „	+ 0,0247	39,70	— 0,003	39,70	0,14	0,0196
4	32,3095 „ 32,3343 „	+ 0,0248	39,72	— 0,002	39,72	0,12	0,0144

Zahl der Versuche	Gew.-Bestimmung voru. nach d. Versuch	Gewichts-Differenz	Auf der Bürette abgeles. Vol.	Volumen-Korrektur	Richtiges Vol.	Δ	Δ^2
5	32,3343 gr 32,3710 "	+ 0,0367	39,84	— 0,003	39,84	0,00	0,0000
6	32,3710 " 32,3577 "	— 0,0133	40,18	+ 0,001	40,18	0,34	0,1156
7	32,3577 " 32,3360 "	— 0,0217	39,76	+ 0,002	39,76	0,08	0,0064
8	32,3360 " 32,3725 "	+ 0,0365	39,83	— 0,003	39,88	0,02	0,0004
9	32,3725 " 32,4118 "	+ 0,0393	39,78	— 0,003	39,78	0,06	0,0036
10	32,4118 " 32,4378 "	+ 0,0260	39,86	— 0,002	39,86	0,02	0,0004
		$V_m = 39,84$	$\Sigma \Delta^2 = 0,1669$				

Spezifisches Gewicht von Quecksilber bei 19,6° C. = 13,453.

Aus obiger Zusammenstellung ersieht man, dass die Porosität des Körpers nur eine Korrektur der zwei ersten Bürettenablesungen nöthig macht, weil bei den folgenden die Gewichts-Differenz die Fehlergrenze von 0,0673 gr nicht übersteigt.

Ausserdem ersieht man, dass der individuelle Fehler des Apparates grösser ist als derjenige, welcher durch das Eindringen von Quecksilber in die Holzporen verursacht wird. $\Sigma V = 398,46$ und die Summe aller Volumenkorrekturen = — 0,031 + 0,003 = — 0,028.

Somit $\Sigma V = 398,46$
— 0,028

$\Sigma V = 398,432$ und

$V_m = 39,84$, d. h. selbst diese verhältnissmässig grossen Gewichts-Differenzen sind ohne wesentlichen Einfluss auf den Mittelwerth geblieben.

Die wahrscheinlichen Fehler sind:

$$f = 0,0918,$$

$$F = 0,0290 = 0,0751 \%$$

6. mag noch zum Schluss ein Eschenholzprisma, getrocknet, hier angeführt sein. Das gemessene Volumen = 34,76 ccm.

Zahl der Versuche	Gew.-Bestimmung voru. nach d. Versuch	Gewichts-Differenz	Auf der Bürette abgeles. Vol.	Volumen-Korrektur	Richtiges Vol.	Δ	Δ^2
1	15,4855 gr 20,4415 "	+ 4,9560	33,88	— 0,368	33,51	0,17	0,0289
2	20,4416 " 21,1847 "	+ 0,7431	33,78	— 0,0552	33,72	0,04	0,0016
3	21,1860 " 22,6700 "	+ 1,4840	33,74	— 0,110	33,63	0,05	0,0025
4	21,0740 *) 22,1170 gr	+ 1,0430	33,84	— 0,0775	33,76	0,08	0,0064
5	21,4540 *) 21,8115 gr	+ 0,3575	33,83	— 0,0265	33,80	0,12	0,0144
		$V_m = 33,68$	$\Sigma \Delta^2 = 0,0538$				

Spezifisches Gewicht von Quecksilber bei 18,4° C. = 13,462. Hier ist der starken Gewichts-Differenzen wegen jede Ablesung korrigirt worden und ergaben sich die wahrscheinlichen Fehler

für den Einzelwerth $f = 0,0782$,

" " Mittelwerth $F = 0,0350$ oder = 0,104 %.

Aus all den angeführten Beispielen ergibt sich, dass der Fehler des Mittelwerthes einen sehr geringen Betrag aufweist, was der Verfasser sich erlaubt, als einen Vortheil des Apparates aufzufassen. Es ist in Folge dessen der Apparat zu einer grösseren Reihe von Volumenbestimmungen für verschiedenartige Hölzer mit Erfolg benutzt worden, und zwar in der Weise, dass, wenn zwei Bestimmungen kein nahezu übereinstimmendes Resultat ergaben, eine dritte zur Kontrolle ausgeführt wurde, um dann aus allen dreien das richtige Mittel zu nehmen.

*) Die Gewichtsabnahmen von 3 auf 4 und 4 auf 5 sind durch Stösse verursacht, die der Versuchskörper erlitt, wobei ein Theil des in den Poren befindlichen Quecksilbers herausfiel.

Versuche über die Selbsteinstellung dünner Wellen um den Schwerpunkt bei hoher Tourenzahl.

Von

L. Klein, Assistent für Maschinenbau an der Kgl. Techn. Hochschule in München.

Um dem mit grosser Geschwindigkeit eintretenden Dampf möglichst günstig Arbeit zu entziehen, läuft die Laval'sche Dampfturbine mit grosser Geschwindigkeit um. Sie muss die grosse Umdrehungszahl von ca. 30000 in der Minute nicht nur für die kurze Dauer eines Versuches, sondern für Stunden und Tage ohne Betriebsstörung beibehalten. Als eine Hauptschwierigkeit stellte sich die solide Lagerung der Welle heraus.*) Es ist uns unmöglich, das Turbinenlaufrad und die Welle mathematisch genau zylindrisch herzustellen, sie so fein auszubalanzieren, dass der Schwerpunkt in die Verbindungslinie der beiden Zapfenmittel falle. Und da bei 30000 Touren die Zentrifugalkraft für je 0,1 mm Exzentrizität, Durchbiegung oder Spiel im Lager 100 kg beträgt für jedes 1 kg im Schwerpunkt konzentriert gedachten Gewichtes, so resultirt bei steifen Wellen ein bedeutender Achsen-, also Lagerdruck. Für gewöhnliche, grössere Umlaufzahlen machen wir bekanntlich den Auflagerdruck pro Flächeneinheit des Lagers umgekehrt proportional der Tourenzahl. Wollten wir diese Regel auch hier befolgen, so müssten wir die Lagerstellen sehr dick und lang machen. Wird der Durchmesser gross, dann nimmt die Reibungsarbeit, also auch die Erwärmung bedeutend zu, wogegen bei grosser Länge ein gleichmässiges Aufliegen nicht zu erwarten ist; der Druck pro Flächeneinheit kann nicht klein genug gehalten werden, um ein Warmlaufen sicher auszuschliessen.

De Laval setzte nun seine Turbine auf eine sehr dünne, leicht biegsame Achse und fand: Bei grosser Tourenzahl hat das Laufrad ein so grosses Bestreben, um seinen Schwerpunkt zu rotiren, dass die Welle um die Exzentrizität durchgebogen gehalten wird und die Rotation um denselben erfolgt. Diese Selbsteinstellung habe ich im Februar dieses Jahres im bayerischen Bezirksverein des Vereins deutscher Ingenieure durch mehrere Versuche gezeigt, doch wurden diese nicht messend verfolgt, auch lagen Angaben über die Beziehungen zwischen Tourenzahl, Körpergewicht und Wellendimensionen noch nicht vor.

Erst Herr Professor Dr. Föppl**) hat die Nothwendigkeit einer solchen Selbsteinstellung nachgewiesen. Es gelang ihm, die ganzen Vorgänge mathematisch zu verfolgen,

und kommt er dabei zu folgendem Resultat: Die Durchbiegung der Welle bei von Null an wachsender Geschwindigkeit nimmt zu bis zu einer bestimmten Tourenzahl pro Minute = n_0 , welche der Winkelgeschwindigkeit n_0 entspricht, bei welcher die Ausbiegung $+\infty$ wird, hier in $-\infty$ umschlägt und von da ab negativ bleibt, dem absoluten Werthe nach abnimmt. Für diese kritische Geschwindigkeit entwickelt er die einfache Formel

$$n_0 = \sqrt{\frac{c}{m}}; \quad n_0 = \frac{2\pi n_0}{60}; \quad c = P; \quad m = \frac{Q}{g}$$

gibt

$$n_0 = \frac{30\sqrt{981}}{\pi} \sqrt{\frac{P}{Q}} = 300 \sqrt{\frac{P}{Q}},$$

worin Q das Gewicht des rotirenden Körpers und P die Belastung ist, welche die Welle um 1 cm durchbiegt. Dabei muss P an der Stelle angreifen, an welche der Körper zu sitzen kommt, und muss die Welle so aufliegen oder eingespannt sein, wie sie später im Betrieb benutzt werden soll. Weiter leitet Herr Professor Dr. Föppl die Grösse der Durchbiegung = e bei der Tourenzahl = n pro Minute und der Exzentrizität der Ruhelage = e_0 ab zu

$$e = \frac{n_0^2}{n^2 - n_0^2} e_0.$$

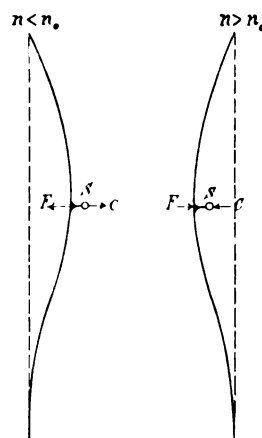


Fig. 1a.

Fig. 1b.

Für $n = n_0$ wird $e = \pm \infty$, für $n > n_0$ wird e negativ und nimmt der absoluten Grösse nach ab. Dies bedeutet, dass die Welle nun nach der anderen Seite durchgebogen wird, wie Fig. 1a und 1b zeigen, bei welchen S den Schwerpunkt, F die Federkraft der durchgebogenen Welle und C die Zentrifugalkraft vorstellt. Erst bei der Tourenzahl ∞ würde sich für $e = 0$ ergeben; für die Praxis muss e nur so klein werden, dass die Elastizitätsgrenze nicht erreicht wird.

Da diese Formeln sich nur unter bestimmten vereinfachen-

*) Zeitschrift d. V. deutscher Ing. 1895, S. 1189.

**) Civilingenieur 1895, Heft 4.

den Voraussetzungen ableiten liessen (es wurde keine Rücksicht auf Erschütterungen, auf die Durchbiegung durch das Eigengewicht genommen und die Exzentrizität in der Ruhelage als sehr gering vorausgesetzt), zugleich aber die Entwicklung unserer Industrie zu immer grösseren Tourenzahlen drängt, so erschien es zweckmässig, durch Versuche die Zulässigkeit obiger Voraussetzungen und damit die Anwendbarkeit der Formeln zu zeigen. Hierzu stellte mir Herr Professor Dr. A. Föppl in entgegenkommendster Weise seine Beihilfe sowie das von ihm geleitete mechanisch-technische Laboratorium der Königl. Technischen Hochschule München zur Verfügung. In diesem sind auch die folgenden Versuche durchgeführt worden.

Die Spindel einer Drehbank, welche durch Gasmotor und Transmission angetrieben wird, kann mit 8 verschiedenen Geschwindigkeiten laufen, da sie mit Stufenscheiben und Vorgelege versehen ist. Doch wurde die grösste Geschwindigkeit nicht benutzt. Von der Spindel wird die Rotation mittelst Riementriebes auf eine zweite horizontale Welle übertragen, an welcher die Touren pro Minute gezählt werden und welche durch doppeltes Zahnradvorgelege mit 36facher Uebersetzung die ebenfalls horizontale Hauptwelle antreibt. Letztere ist doppelt gelagert und freitragend mit einer Kuppelung fest verbunden zum sicheren Einspannen der dünnen Versuchswellen, welche an ihrem anderen Ende, in einer Entfernung von 28 cm, in einem ca. 6 mm langen Lager mit etwas Spielraum nochmals geführt werden. Das ganze Zahnradvorgelege ist äusserst sauber in Rothguss ausgeführt, die Zähne haben nur wenig Spielraum, die Achsen sind sehr sorgfältig gelagert. In der Mitte jeder dünnen Versuchswelle sitzt exzentrisch aufgekeilt ein Eisenkörper von der Form eines kleinen Handrädchens, das aussen glatt abgedreht ist.

Messung der einzelnen Grössen:

Bestimmung von P .

Die Versuchswelle mit dem darauf exzentrisch festgekeilten Rade wird in den Apparat genau so eingespannt wie später im Betriebe. Gemessen wird der vertikale Abstand der unteren Mantellinie der dünnen Welle unmittelbar neben der Radnabe von einer horizontalen Fläche, und zwar während an dem Rade ein Gewicht von bekannter Grösse hängt und ausserdem vorher und nachher in unbelastetem Zustande. Um von Messungsfehlern sich möglichst unabhängig zu machen, werden nach Drehung der Welle um 90° alle 3 Messungen wiederholt. Die Belastung P , welche die Welle um 1 cm ausbiegt, lässt sich dann für den Fall, dass dabei die Proportionalitätsgrenze nicht überschritten wird, leicht berechnen. Die Messungen wurden vorgenommen, nachdem die Versuche mit hohen Tourenzahlen beendet waren, und sind die Werthe in Tabelle I zusammengestellt.

Q setzt sich zusammen aus dem Gewichte des aufgekeilten Rades und dem der Welle. Letzteres ist über die ganze Länge gleichmässig vertheilt, ist also äquivalent mit einer in der Mitte angreifenden konzentrischen Belastung von der halben Grösse, d. h. es ist nur $\frac{1}{2}$ des Wellengewichtes zu dem Radgewicht zu addiren.

Tabelle I.

Versuchskörper Nr.	I	II	III	IV	V	VI
Wellendurchmesser	2,0 mm	2,2	3,1	3,4	4,3	5,5 mm
Belastung in kg	0,448	0,548	2,05	3,05	6,05	10,05
Höhe über dem Fixpunkt						
unbelastet mm	123,1	118,7	121,7	123,2	122,9	123,5
belastet „	117,3	115,2	118,0	119,3	118,5	121,7
unbelastet „	122,5	118,6	121,4	122,8	122,5	123,5
Um 90° gedreht						
unbelastet mm	124,0	123,9	122,1	123,6	123,0	124,0
belastet „	118,8	120,4	117,7	119,2	118,2	122,0
unbelastet „	124,0	123,4	121,3	122,4	122,2	124,0
Mittlere						
Durchbiegung	5,2 mm	3,2	3,5	3,35	4,0	1,9 mm
$P = kg$	0,862	1,71	5,86	9,12	15,1	53,0

Tabelle II.

Versuchskörper Nr.	I	II	III	IV	V	VI
Gewicht des Rades allein kg	0,248	0,261	0,427	0,445	0,823	0,841
Gewicht der Welle allein kg	0,0105	0,014	0,0245	0,032	0,048	0,070
$Q =$ Gewicht des Rades + $\frac{1}{2}$ Welle	0,253	0,268	0,439	0,461	0,847	0,876

Nunmehr kann die kritische Tourenzahl n_0 ausgerechnet werden und ergibt sich zu:

Tabelle III.

Versuchskörper Nr.	I	II	III	IV	V	VI
$n_0 = 300 \sqrt{\frac{P}{Q}}$	553	758	1095	1334	1265	2460

Die Exzentrizität der aufgekeilten Körper im Ruhezustande wurde zunächst aus Pendelbeobachtungen berechnet. Die Welle wurde nahe dem aufgekeilten Körper auf zwei horizontale Schneiden gelegt, die Anzahl der Schwingungen pro Minute bestimmt, woraus sich dann die Entfernung a des Schwerpunktes von der Schwingungsachse berechnet zu:

Tabelle IV.

Versuchskörper Nr.	I	II	III	IV	V	VI
$a =$	1,76	0,779	1,47	1,03	1,37	1,60

Für unsere Zwecke ist es nothwendig, die durch die bleibende Durchbiegung der Welle vergrösserte oder verkleinerte Exzentrizität zu wissen; daher wurde angenommen, dass der Schwerpunkt des symmetrischen, abgedrehten Rades mit dessen Mittelpunkt zusammenfalle. Es ist die hierdurch bedingte Ungenauigkeit jedenfalls kleiner als etwaige Ablesungsfehler bei der Messung.

Die Messung der Exzentrizitäten wird in der Horizontalebene durch die Versuchswelle vorgenommen. Zwei

Maassstäbe, die sich in doppelten Führungen senkrecht zur Welle verschieben lassen, bestimmen die Entfernungen a_1 und a_2 des Radumfanges von zwei Fixpunkten F_1 und F_2 (siehe Fig. 2). In der Ruhelage wird die grösste und kleinste Entfernung des Radumfanges von jedem Fixpunkt bestimmt,

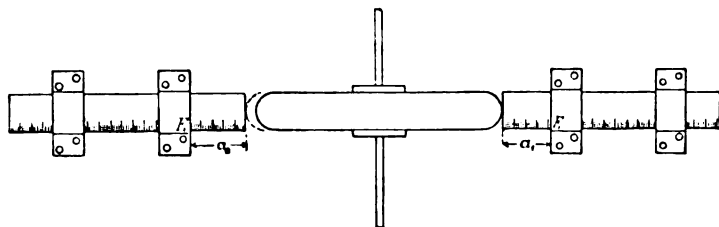


Fig. 2.

die Differenz giebt die doppelte Exzentrizität der Ruhelage: $2e_0$. Diese Messung wird auf beiden Seiten vorgenommen und das arithmetische Mittel gezogen. Solche Ruheablesungen wurden stets vor und nach jedem Versuch gemacht. Während desselben, so lange die Welle rotirt, kann nur die kleinste Entfernung des Umfanges vom Fixpunkt gemessen werden. Subtrahiren wir diese von der kleinsten Entfernung der Ruhelage, so erhalten wir die Zunahme der Exzentrizität. Es wurde hierzu stets die dem Versuch folgende Ruhelage benützt, um eine bleibende Durchbiegung oder ein Geraderichten, welches zu Anfang des Betriebes, vor dem Eintreten des Beharrungszustandes sich vollziehen kann, zu berücksichtigen.

Die Touren wurden an der ersten Vorgelege-Welle gezählt und durch Multiplikation mit 36 die Umdrehungszahlen der Versuchswellen gefunden.

Um bei einer Tourenzahl, grösser als die kritische n_0 , während des An- und Auslaufes eine Durchbiegung der Welle über die Elastizitätsgrenze unmöglich zu machen, muss die Welle ganz nahe dem aufgekellten Körper in einem Lager mit nur einigen Millimeter Spiel geführt werden. An dieses legt sich die Welle bei $n < n_0$ an, giebt es aber bei $n > n_0$ frei. Bei den Versuchen wurde hierzu ein scheerenartiges Instrument, Fig. 3, verwendet, das einfach in der Hand gehalten wurde.

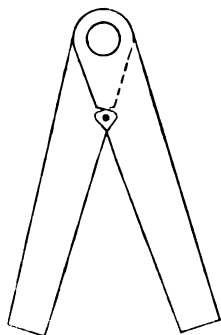


Fig. 3.

Die Versuche und deren Ergebnisse sind zunächst genau in den folgenden Tabellen und anschaulicher in den Kurven zusammengestellt. Darin bedeutet a_1 den Abstand des Fixpunktes 1 vom Umfange und a_2 den des Fixpunktes 2. e_0 ist die Exzentrizität in der Ruhe, e die während des Betriebes mit n Touren pro Minute und e_{th} die aus der Formel gerechnete Exzentrizität. Es bestimmt sich:

$$e_0 = \left[\frac{(a_{1 \max} - a_{1 \min}) + (a_{2 \max} - a_{2 \min})}{4} \right] \text{ für } n=0;$$

$$e = e_0 + \left(\frac{a_{1 \min} + a_{2 \min}}{2} \right) \text{ für } n=0 - \left(\frac{a_{1 \min} + a_{2 \min}}{2} \right) \text{ für } n=n$$

Tabelle V.

Versuchskörper I. $P = 0,862 \text{ kg}$; $Q = 0,253 \text{ kg}$; $n_0 = 553$.

Versuch Nr.	Tour. n pro min.	a_1 min	a_1 max	a_2 min	a_2 max	e_0	e	$e_{\text{theor.}}$	Bemerkungen.
1	Ruhe	44,8	47,4	45,0	47,5	1,3	2,8	2,26	
	350	43,3		43,5					
2	Ruhe	44,5	47,2	45,0	47,7	1,35			
	612								
3	Ruhe	44,2	47,5	47,7	48,0	1,65			
	1044	45,0		44,7			1,35	-0,66	
4	0	44,3	47,7	44,7	48,0	1,70			
	1800	45,3		45,2			0,90	-0,18	
5	0	44,3	47,8	44,5	48,0	1,75			
	2484	45,6		45,4			0,60	-0,09	
6	0	44,2	47,7	44,5	48,0	1,75			
	4392	45,7		45,6			0,55	-0,03	
7	0	44,3	47,8	44,6	48,0	1,75			
	7488	45,9		45,7			0,35	-0,01	
		44,3	47,8	44,6	48,0	1,75			

Tabelle VI.

Versuchskörper II. $P = 1,71 \text{ kg}$; $Q = 0,268 \text{ kg}$; $n_0 = 758$.

Versuch Nr.	Tour. n pro min.	a_1 min	a_1 max	a_2 min	a_2 max	e_0	e	$e_{\text{theor.}}$	Bemerkungen.
8	0	38,0	40,0	45,8	47,8	1,0			
	342	37,3		45,0			1,75	1,25	
9	0	38,0	40,0	45,8	47,8	1,0			
	612	35		41,0			4,78	2,68	
10	0	38,0	40,0	45,7	47,4	0,93			
	1044	38		45,7			1,08	-0,91	
11	0	38,2	39,8	46,0	47,7	0,83			
	1800	38,5		46,5			0,43	-0,16	
12	0	38	39,5	46,3	47,8	0,75			
	2484	38,6		46,8			0,18	-0,09	
13	0	38	39,7	46,0	47,8	0,88			
	4392	38,7		46,8			0,10	-0,04	
14	0	37,7	40,0	45,7	48,0	1,15			
	7488	38,9		46,9			0,10	-0,01	
		37,8	40,0	46,0	48,2	1,10			

Tabelle VII.

Versuchskörper III. $P = 5,86 \text{ kg}$; $Q = 0,439 \text{ kg}$; $n_0 = 1095$.

Versuch Nr.	Tour. n pro min.	a_1 min	a_1 max	a_2 min	a_2 max	e_0	e	$e_{\text{theor.}}$	Bemerkungen.
15	0	27,8	31,3	35,4	39,0	1,78			
	342	27,6		35,0			2,05	2,04	
16	0	27,4	31,3	35,4	39,0	1,88			
	612	26,5		34,0			3,03	2,75	
17	0	27,4	31,3	35,4	39,0	1,88			
	1080								
18	0	28,0	31,0	35,8	38,6	1,45			
	1800	28,6		36,2			1,03	-0,74	
19	0	28,3	31,0	36,0	38,4	1,28			
	2520	29,0		36,7			0,55	-0,30	
20	0	28,2	31,0	36,0	38,4	1,30			
	4392	29,2		36,9			0,40	-0,09	
21	0	28,3	31,0	36,0	38,5	1,30			
	7488	29,6		37,0			0,13	-0,03	
		28,0	31,0	35,7	39,0	1,58			

Tabelle VIII.

Versuchskörper IV. $P = 9,12 \text{ kg}$; $Q = 0,461$; $n_0 = 1334$.

Versuch Nr.	Tour. n pro min.	a_1 min	a_1 max	a_2 min	a_2 max	e_0	e	$e_{\text{theor.}}$	Bemerkungen.
22	0	27,0	30,3	36,0	39,3	1,65			
	350	27,0		36,0			1,7	1,72	
23	0	27,1	30,3	36,1	39,3	1,60			
	612	26,5		35,6			2,18	2,13	
	0	27,0	30,4	36,0	39,3	1,68			
24	1044	24,0		31,4			5,60	5,15	
	0	27,3	31,3	35,3	39,3	2,00			Bem. 2.
25	1800	28,0		36,0			1,3	— 1,40	
	0	28,3	30,6	36,0	38,3	1,15			Bem. 3.
26	2520	29,2		36,5			0,6	— 0,53	
	0	28,2	31,0	36,0	38,6	1,35			
27	4392	29,5		37,0			0,23	— 0,13	
	0	28,3	31,0	36,0	38,6	1,33			
28	7488	29,8		37,1			0,0	— 0,01	
	0	28,6	31,0	36,3	38,3	1,1			

Tabelle IX.

Versuchskörper V. $P = 15,1 \text{ kg}$; $Q = 0,847 \text{ kg}$; $n_0 = 1265$.

Versuch Nr.	Tour. n pro min.	a_1 min	a_1 max	a_2 min	a_2 max	e_0	e	$e_{\text{theor.}}$	Bemerkungen.
29	0	13,8	16,0	23,4	25,6	1,1			
	360	13,6		23,0			1,38	1,23	
30	0	13,8	16,0	23,3	25,6	1,13			
	612	13,2		22,7			1,75	1,44	
	0	13,8	16,0	23,4	25,6	1,10			
31	1080							5,95	schlägt aus, Bem. 1.
	0	13,3	16,5	23,0	26,2	1,60			Siehe Bem. 2.
32	1800	13,9		23,5			1,10	— 1,66	
	0	13,2	16,6	23,0	26,4	1,70			
33	2520								Siehe Bem. 4.
	0	10,8	12,3	27,0	29,0	0,88			
34	2520	11,0		27,0			0,78	— 0,30	Läuft unruhig.
	0	11,0	12,5	27,4	29,0	0,78			
35	4392	11,2		27,7			0,48	— 0,08	
	0	10,8	12,5	27,4	29,0	0,83			
36	7488	11,2		27,7			0,45	— 0,03	
	0	10,5	12,7	27,2	29,2	1,05			

Bemerkungen zu den Tabellen:

Bem. 1: Wie weit auch immer die Führungsscheere geöffnet wird, immer biegt sich die Welle um so viel aus, dass sie an der Führung anliegt, es ist daher zu vermuthen, dass sie ohne diese die Elastizitätsgrenze überschreiten und sich ganz deformiren würde.

Bem. 2: Aus der vergrößerten Exzentrizität der Ruhelage ersieht man, dass die Welle die Elastizitätsgrenze in Folge des vorhergehenden grossen Ausschlages überschritten hat bei $n < n_0$.

Bem. 3: Sowie die kritische Tourenzahl überschritten, biegt sich die Welle nach der andern Seite hin durch nach Fig. 1^b, und ist dabei ein Geraderichten der Welle sehr leicht möglich, wie dies thatsächlich bei den Versuchskörpern I, II und IV eintritt; bei III genügt ein Schwanken der Tourenzahl um 3%, wie es sehr wahrscheinlich ist, um n_0 zu überschreiten.

Bem. 4: Bei Versuch 33 lief der Körper eine Zeitlang ganz ruhig mit der Tourenzahl 2520, schlug aber dann unvermuthet aus, wahrscheinlich machte der antreibende Gasmotor in Folge irgend welcher äusserer Einflüsse momentan etwas weniger Touren. Die Achse wurde ganz krumm gebogen, sie musste gerade gerichtet werden, und auch die Fixpunkte mussten aufs Neue eingestellt werden.

Tabelle X.

Versuchskörper VI. $P = 53,0 \text{ kg}$; $Q = 0,876 \text{ kg}$; $n_0 = 2460$.

Versuch Nr.	Tour. n pro min.	a_1 min	a_1 max	a_2 min	a_2 max	e_0	e	$e_{\text{theor.}}$	Bemerkungen.
37	0	14,0	15,8	30,8	32,8	0,95			
	360	13,8		30,8			1,05	0,97	
38	0	14,0	15,8	30,8	32,8	0,95			
	612	13,8		30,5			1,2	1,02	
	0	14,0	15,8	30,8	32,8	0,95			
39	1044	12,7		29,8			2,18	1,32	
	0	14,0	16,0	30,7	33,0	1,08			
40	1584	11,0		30,0			2,93	1,84	Der Antriebsriemen schleift; die ganze Vorrichtung kommt so stark in Erschütterung, dass genaue Ablesungen nicht mehr möglich, dass höhere Tourenzahlen nicht mehr erreicht werden.
41	1548	10,5		29,5			3,38	1,87	Der Uebersetzung nach sind ca. 4400 Touren zu erwarten. — Der Riemen schleift, die ganze Vorrichtung kommt stark in Erschütterung.
	0	13,8	16,0	30,7	33,0	1,13			

Die Versuche mit diesem Körper wurden aufgegeben, da höhere Tourenzahlen nicht zu erreichen waren, indem der Riemen schleift. Die 5,5 mm starke Welle überträgt die Zentrifugalkräfte des rotirenden Körpers auf die ganze Anordnung, durch deren Erschütterungen wird dann mehr Arbeit beansprucht, als der Riemen zu übertragen vermag, in Folge dessen musste dieser schleifen und die angetriebene Scheibe zurückbleiben.

In besser übersichtlicher Weise stellen die Kurven den Verlauf der Durchbiegung dar. In denselben sind die Abszissen den Umdrehungen n pro Minute, die Ordinaten den Exzentrizitäten e_{th} proportional, welche nach der Formel

$$e_{\text{th}} = e_0 \frac{n_0^2}{n^2 - n^2}$$

zu erwarten sind. Die Grösse der Exzentrizität der Ruhelage ist durch die gestrichelte Linie angegeben.

Es ist zunächst zu allen Kurven zu bemerken, dass der zweite Ast derselben, für $n > n_0$ eigentlich auf der anderen Seite der Abszissenachse liegt, weil e negativ wird und nur deshalb heraufgeklappt wurde, um an Raum zu sparen, um die Kurven für jeden einzelnen Versuchskörper besser beisammen zu haben.

Bei der Messung ist auch der Unterschied der Durchbiegungsrichtung nicht zu konstatiren.

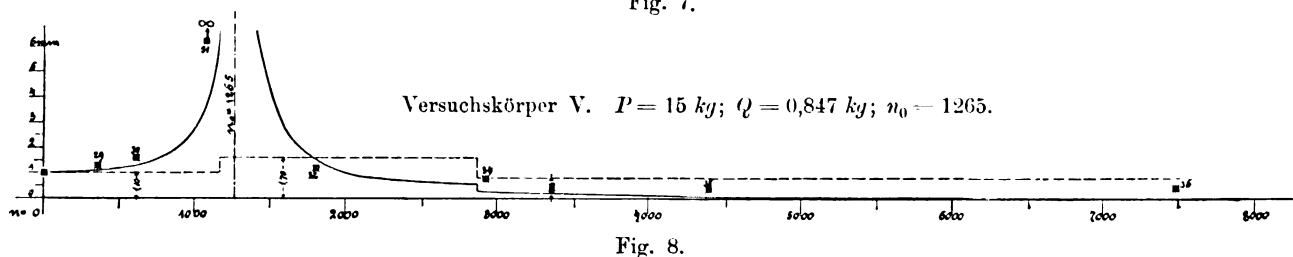
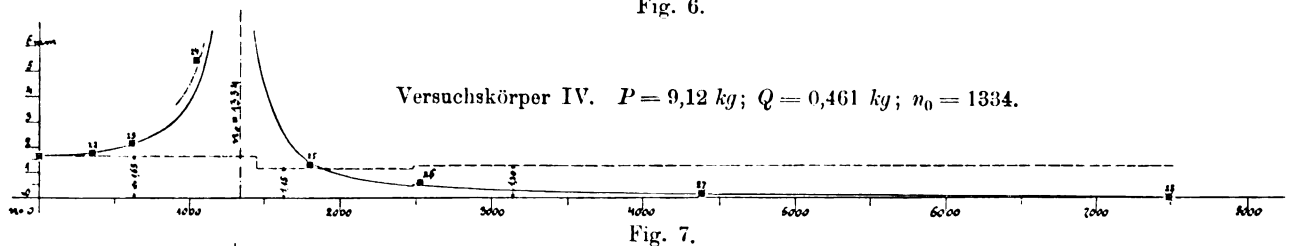
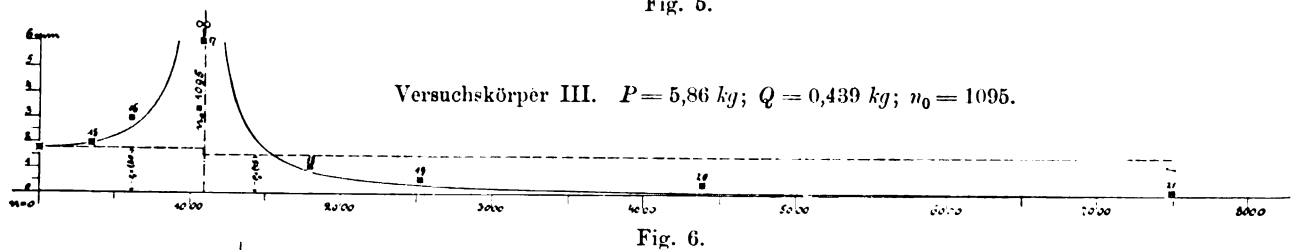
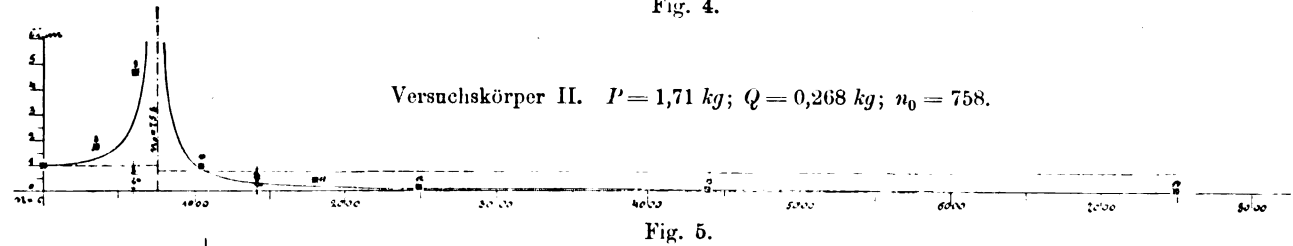
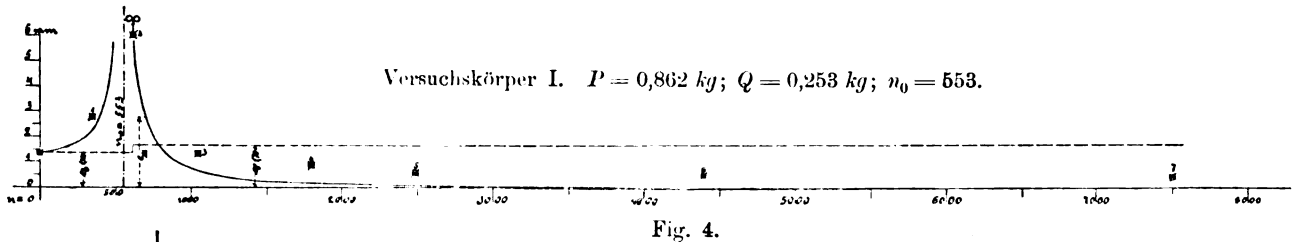
Die Kurven sind, um ihren Verlauf besser übersehen zu können, für ein konstantes e_0 konstruirt, welches von dem jeweiligen, sich verändernden, nur wenig abweicht dadurch wurde die Differenz zwischen der gemessenen Exzentrizität und der theoretisch zu erwartenden noch etwas vergrößert. Bei Versuch 24 würde die Abweichung viel zu gross erscheinen; darum ist die dem thatsächlichen e_0 entsprechende Kurve strichpunktirt eingezeichnet.

Wenn man zum Schlusse die ganzen Versuche überblickt, so muss man sagen, dass sie sich ziemlich genau

den nach der Föppl'schen Formel gerechneten Werthen anschliessen. Jedenfalls aber bestätigen sie die Richtigkeit der ganzen mathematischen Betrachtung, deren Endergebniss war, dass die Exzentrizität bei von 0 an wachsender Winkelgeschwindigkeit Anfangs zunimmt, unendlich wird, dann

Dies giebt für die kleinstzulässige Tourenzahl über n_0 den Werth:

$$n = 420 \sqrt{\frac{P}{Q}}$$



aber wieder einen endlichen Werth annimmt. Dass die Durchbiegung bei $n > n_0$ nach der anderen Seite erfolgt, ist daraus zu ersehen, dass mehrere Male ein Geraderichten der Welle bei $n > n_0$ eingetreten ist.

In der Praxis wird die Exzentrizität e_0 jedenfalls nur ganz klein sein und in Folge dessen die Kurve noch viel rascher von dem Unendlichen ins Endliche zurückkehren. Bei $n = \sqrt{2} \cdot n_0$ wird $e = -e_0$, die gesammte Durchbiegung der Welle also $= 2e_0$, was für die Praxis meist zulässig ist.

Will man ganz sicher gehen, so genügt

$$n = 600 \sqrt{\frac{P}{Q}}$$

Der Hauptwerth der Formel besteht darin, dass wir bei einer durch irgend welche Verhältnisse bestimmten Welle für die gewählte Tourenzahl nachrechnen können, wieviel mal so gross die Exzentrizität werden wird, als in der Ruhelage.

Historische Notizen

von

Th. Beck, Privatdozent in Darmstadt.

(Hierzu Tafel XXI.)

XVII. Heinrich Zeising († 1613).

Zu den in Deutschland bekanntesten alten Werken über Maschinenbau gehört das in den Jahren 1612 bis 1614 in klein Quartformat erschienene „Theatrum Machinarum etc. durch Henricum Zeisingk, der Architektur Studiosum, in Verlegung Henning Grossen des jüngeren, Buchhändler in Leipzig“; doch kann es dem grössten Theile seines Inhaltes nach nicht als Originalwerk gelten.

Ueber den Autor ist nichts Näheres bekannt; nur geht aus der vom 1. September 1613 datirten Vorrede zum zweiten Theile des Werkes hervor, dass er vor dessen Vollendung starb. Die Herausgabe des dritten Theiles scheint von dem Verleger allein besorgt worden zu sein, denn erst in der Vorrede des vierten wird gesagt, dass dieser „Mehrestheils aus Italiänischer und Französischer Sprache durch Hieronimum Megiserum, churfürstlich sächsischen Historicum“ übersetzt sei.

Was Zeising zur Herausgabe seines Buches bewog, ersieht man aus der Vorrede an den Leser, wovon wir folgende Stellen hervorheben*):

„..... Nicht ohne grosse Mühe und Arbeit kann es geschehen, wenn man die Maschinen, welche von scharfsinnigen Leuten erfunden worden sind, aus den von ihnen und Anderen hinterlassenen Schriften zusammenbringen und aus vielen ein Buch machen will.....“

„..... Damit auch dem geneigten und kunstliebenden Leser nicht irgend etwas Fremdes und Unbekanntes begegnen möge, was ihn an dem richtigen Verständniss der Maschinen verhindern könnte, ist zuvörderst in diesem Theatrum, gleichsam als Einleitung, das Büchlein „Vom rechten Grund und Verstand Waag und Gewichts“, das vor dieser Zeit von dem hochgelehrten und berühmten Mathematico und Medico D. Gualthero Herminio Rivio in

deutscher Sprache in den Druck gegeben worden ist, abgedruckt.....

..... Es werden auch vielerlei künstliche Mühlwerke, Schrauben und sonstige Inventiones und vortheilhafte Bewegungen in den künftigen Theilen gefunden werden. Diese und noch andere nützliche Dinge, bin ich gesonnen, in kurzer Zeit auch zu publiziren und hoffe zuversichtlich, es werde dem kunstliebenden Leser ein Gefallen damit geschehen, zumal die Autores, so von diesen Dingen geschrieben haben, in deutscher Sprache nicht wohl zu bekommen auch meistentheils in grossem Format gedruckt und sehr theuer sind; dieses Theatrum aber in bequemer Form und mit geringen Kosten zu erzeugen ist.“

Aus der Vorrede an Bürgermeister und Rath der Stadt Leipzig wollen wir noch folgende kulturhistorisch nicht uninteressante Stelle erwähnen:

„..... desshalb habe ich mich keine Arbeit noch Fleiss verdrriessen lassen, dieses löbliche Werk mit Reissen und Kupferstechen zu fördern, fürnehmlich weil ich gesehen, dass diese nützliche Kunst des Kupferstechens und Druckens vor dieser Zeit allhier in Leipzig noch fast fremd und unbekannt war, und ich es für unbillig erachtete, dass diese löbliche Stadt dieser Kunst noch länger ermangeln sollte....“*)

In der Unterschrift dieser Vorrede ist der Name Zeising ohne k am Ende geschrieben und wir haben diese Schreibweise beibehalten

Dem angegebenen Zwecke entsprechend sind bei weitem die meisten der in Zeising's „Theatrum“ enthaltenen Kupferstiche verkleinerte Kopien aus Werken älterer Autoren, oder nach Angaben solcher entworfene Zeichnungen; nur von 36 unter den 128 Kupfern können

*) Schwer verständliche veraltete Worte und Redewendungen erlauben wir uns durch moderne zu ersetzen.

*) Schon hundert Jahre früher blühte die Kupferstecherkunst in Nürnberg.

wir dies nicht nachweisen und lassen sie als Originale gelten.

Der erste Theil enthält 25 Tafeln. Davon sind die Nummern 1, 2, 3 dem Werke des Gualtherus Rivius entnommen, die Nummern 8, 9, 10, 13, 15, 17, 21, 22 von Besson's Tafeln: 21, 33, 30, 35, 31, 15, 38, 53 (vergl. „Civilingenieur“ Jahrg. 1890, S. 191). Nach Vitruv's Angaben sind 11, 12 und 14 entworfen und nach denen des Cardanus die Nummern 20, 23, 24 und 25. Für Originale können 4, 5, 6, 7, 16, 18 und 19 gelten.

Der zweite Theil enthält ebenfalls 25 Abbildungen. Davon zeigt die erste ein nach Vitruv's Angaben konstruirtes Nivellirinstrument (Chorobat, vergl. „Civilingenieur“ Jahrg. 1886, S. 621). Die Nummern 2 und 12 bis 18 einschliesslich sind kopirt von Zonca's Seiten 61, 100, 103, 105, 107, 110, 112, 114 (vergl. „Civilingenieur“ Jahrg. 1893, S. 289), die Nummern 6 bis 10 von Besson's Tafeln 47 bis 50 und 44. Für Originale können gelten: 3, 4, 5, 11, 19 und 20 bis 25.

Von den 26 Tafeln des dritten Theils sind die Nummern 1, 2, 3, 5, 8, 10 bis 14 und 16 kopirt von Ramelli's Tafeln: 128, 127, 123, 124, 132, 114, 115, 116, 135, 134, 136 (vergl. „Civilingenieur“ Jahrg. 1890, S. 505), die Nummern 6, 7, 18, 21, 22, 23 von Zonca's Seiten: 25, 89, 43, 83, 85, 94, die Nummern 9 und 15 von Besson's Tafeln 28 und 13. Für Originale können gelten: 4, 17, 19, 20, 24 bis 26.

Der vierte Theil enthält 28 Tafeln. Davon sind die Nummern 1 bis 4, 6, 7, 27, 28 kopirt von Zonca's Seiten: 45, 47, 50, 64, 76, 96, 1 und 3, die Nummern 8 bis 11 von Besson's Tafeln: 7, 8, 9, 59, die Nummern 12 bis 26 von Ramelli's Tafeln: 169, 170, 168, 173 bis 183 und 189. Nummer 5 zeigt eine Buchdruckerei, ähnlich der von Zonca abgebildeten.

Der fünfte Theil enthält 24 Tafeln. Davon sind die Nummern 1, 2, 3, 13 bis 21 kopirt von Ramelli's Tafeln: 185, 184, 187, 88, 85, 86, 79, 76, 64, 73, 9 und 95, Nummer 11 von Besson's Tafel 19. Die übrigen Nummern, nämlich 4 bis 10, 12 und 22 bis 24, mögen Originale sein, zeigen aber nur hydraulische und pneumatische Spielereien, ähnlich denen, welche man bei Hero von Alexandria findet.

In der Einleitung zum ersten Theile gibt Zeising zunächst die Definition des Begriffes „Maschine“ nach Vitruv wieder und spricht nach Aristoteles von der „wunderbaren Natur“ des Kreises. Dann theilt er die Maschinen nach den sie bewegendenden Kräften ein.

Die erste Klasse bilden die sich selbst bewegendenden

(d. h. die durch eine gespannte Feder bewegten) Maschinen. Darunter werden genannt:

„kleine schlagende, die Stunden zeigende und weckende Uehrolein, welche auch etliche der Planeten Lauf weisen, so jetziger Zeit mit grossem Fleiss und Subtilität in Deutschland gemacht werden. Da es auch so hoch mit dieser Kunst gebracht worden, dass man dieselben auch aufs allerfleissigste und subtilste in einem Daumenring gemacht, bekommen kann.“

J. H. M. Poppe sagt in seiner „Geschichte der Technologie“, Göttingen 1810, Bd. II, § 247, wo er von Taschenuhren spricht:

„Gleich nach der Erfindung dieser Maschinen wurde es für etwas Vorzügliches gehalten, sehr kleine Uhren zu haben, z. B. in Knöpfen, an Halsketten etc. So vermachte der Erzbischof Parker in seinem Testament vom 5. April 1575 seinen Stock, in dessen Knopf eine Uhr war, seinem Bruder Richard (Sommer's Canterbury. Supplement Nr. 14. p. 36). Diese Liebhaberei erhielt sich bis ins siebzehnte Jahrhundert. Besonders waren im siebzehnten Jahrhundert die Halsuhren, welche man vermittelst einer feinen kostbaren Kette um den Hals hängte, sehr beliebt. Pancirollus (rerum memorabilium etc. P. I. Francof. 1660. Tit. X. p. 168) und Fludd (utriusque Cosmi Historia. Oppenh. 1618. cap. 4) sprechen von den Hals- und Ringuhren als von etwas sehr schätzbarem.“

Unter den Maschinen, die vom Winde getrieben werden, sind angeführt:

„die grossen Lastwagen, welche durch Aufspannung der Segel von den Winden auf trockenem Lande in geschwinder Eil fortgetrieben werden. Diese sind zu unserer Zeit in den Niederlanden von dem vortrefflichen Mathematico Simon Stevino erfunden worden.“

Im „Buch von der Weltpost“ von Veredarius, dritte Auflage, Berlin 1894, S. 95 wird über diese Segelwagen gesagt:

„. . . . Besonders liegen aus dem siebzehnten Jahrhundert Nachrichten über die Benutzung von Segelwagen vor; auch sind einige Abbildungen aus jener Zeit vorhanden, die über die Bauart und die Benutzung dieser Fuhrwerke Aufschluss geben. Unsere Abbildung nach einem alten Kupferstiche stellt „den Segelwagen von Scheveling“ vor. Bischof Wilkins schreibt über diese Art von Verkehrsmitteln in seiner „Mathematical Magic“, London 1648, Folgendes: „Die auf Segel wirkende Kraft des Windes kann auch zum Forttreiben eines Wagens benutzt werden, sodass man auf diese Weise ebensogut zu Lande segeln kann, wie mit einem Schiffe auf dem Wasser Solche Wagen sind seit undenklichen Zeiten auf den Ebenen von China, sowie in Spanien im Gebrauche; ihren grössten Erfolg aber haben sie in Holland erzielt, wo sie die Geschwindigkeit der schnellsten Schiffe weit übertreffen. Dort sind mit diesen Wagen in wenigen Stunden 6 bis 10 Personen auf Entfernungen bis zu 20—30 holländischen Meilen

befördert worden, wobei der am Stern sitzende Steuermann dem Fahrzeuge mit Leichtigkeit jede beliebige Richtung geben konnte.“ — Ferner sind Abbildungen eines ähnlichen Segelwagens vorhanden (eine solche befindet sich im Berliner Postmuseum), welchen der Mathematiker Simon Stevinus für den Grafen Moritz von Nassau (1567—1625) erbaut haben soll.“

Die Eingangs als Original bezeichneten Kupfer des ersten Theiles von Zeising's „Theatrum“ sind unbedeutend. Nr. 4 zeigt einen Hebel und eine Schuellwaage. Nr. 5 zeigt, wie mit zwei langen Hebeln, die am Ende durch einen darüber gestellten, mit Steinen gefüllten Kasten belastet werden, eine Mauer umgeworfen werden kann, Nr. 6 wie man mit Hebeln einen Baumstamm fortwälzt, Nr. 7 einen liegenden und einen stehenden Haspel einfachster Konstruktion, Nr. 16 eine Ramme einfachster Art, Nr. 18 und 19 eine liegende und eine stehende Winde mit Schraube ohne Ende.

Im zweiten Theil zeigt Nr. 3 ein Schöpfrad für Handbetrieb, Nr. 4 ein Becherwerk mit Göpelbetrieb, Nr. 5 ein Schöpf- und Wasserrad.

Nr. 11 (Fig. 1, Taf. XXI) wird bezeichnet als:

„Eine gar schöne Machina, wie das Wasser mit Hülfe eines Wasserrades mit drei Gestängen in einem Triangel (d. h. einer dreifach gekröpften Achse, deren Kurbelarme um 120° gegen einander versetzt sind) auf einen Thurm gehoben und von da durch den Fall in eine Stadt geführt werden kann.“

In der Beschreibung wird gesagt:

„... je stärker das Wasser, desto mehr Gestänge an dem Rade, mit welchem das Wasser gepumpt wird, kann es regieren, sodass es anstatt des Triangels auch mit einem Pentaculo oder fünfeckigen Werke (d. h. einer fünffach gekröpften Achse) regiert werden kann. Hier wird es aber nur mit einem Triangel, der mit *A* bezeichnet ist, getrieben. Dieser muss sehr stark sein, von Messing gegossen, sodass sein Gewicht zum Wenigsten 7 Zentner ist. Und ob nun wohl das Rad vom wilden und fließenden Wasser getrieben wird, so hebt es doch das Wasser nicht aus dem Flusse, sondern aus einem schönen hellen Quellbrunnen, aus dem die mit *C* bezeichnete Röhre heraufgeht in die liegende Röhre *D*, worauf drei Stockröhren (hölzerne Röhren) *Q*, mit Eisenringen wohl verwahrt, stehen. In diesen Stöcken aber stehen starke messingene Stiefel *P*, worauf die fürfallenden Ventile ruhen. Die drei Stöcke *O* aber über den messingenen Stiefeln, welche von Holz, unten und oben mit starken eisernen Ringen verwahrt, sind, kann man herausnehmen, denn über denselben sind die Pumpleder (Kolben). Wenn die Gestänge mit neuen Pumpledern versehen (d. h. die Kolben neu geliedert) werden sollen, so macht man sie oben von der Waage (dem Balancier *H*) los und lässt also die Stiefel herunter. Wann sie neu geliedert sind, so schlägt man den Stock *O* wieder hinein und verwahrt mit den Stützen *R* und verdämmt (dichtet) es wohl mit alter Leinwand und Hadern ...

Civilingenieur XLI.

Die Röhren über den Stöcken *O* aber, welche mit *S* bezeichnet sind, sind von Messing gegossen, inwendig $\frac{1}{4}$ Elle weit. Darin gehen die Ventil mit den Pumpledern (d. h. die Ventilkolben mit Lederdichtung). Auf diesen messingenen Röhren stehen die hölzernen Röhren *F*, mit eisernen Ringen wohl verwahrt, dass sie das Wasser nicht auseinander treiben kann, das wegen der Höhe ein grosses Gewicht hat. Oben aus diesen Röhren fällt das Wasser in einen kupfernen Trog *I*, aus dem es wieder in die Röhren *K* hinabfällt und unter der Erde in die Stadt geleitet wird.“

Diese Beschreibung ist hauptsächlich deshalb schwer verständlich, weil wir heutigen Tages unter dem „Stiefel“ einer Pumpe die Röhre verstehen, in der sich der Kolben bewegt, während hier die untere, das Saugventil tragende Röhre so genannt wird; die darüber befindliche, $\frac{1}{4}$ Elle weite Messingröhre *S* aber, worin sich der Kolben bewegt, keinen besonderen Namen führt.

Wir haben versucht, in Fig. 1a, Taf. XXI, die Konstruktion der Pumpe nach dieser Beschreibung darzustellen. Der messingene Pumpenzylinder *S* ist an dem hölzernen Steigrohr *F* befestigt. Das Messingrohr *P*, welches das Saugventil trägt, lässt sich in der Holzhöhre *Q* etwas auf und nieder schieben. Das kurze hölzerne Rohrstück *O* umschliesst das Saugventil und bildet daher gewissermaassen das Ventilgehäuse. Die Stützen oder Spreizen *R* drücken einerseits die lose Flansche *T* (die in der Beschreibung nicht erwähnt ist) nach unten gegen das Saugrohr *Q*, andererseits das Rohr *P* mit dem Ventilgehäuse *O* nach oben gegen den Pumpenzylinder *S* und pressen die Dichtungen zwischen *S*, *O* und *P*, sowie zwischen *T*, *Q* und *P* zusammen. Werden diese Spreizen entfernt, so sinkt das Messingrohr *P* etwas herab und das Ventilgehäuse *O* kann leicht herausgenommen werden. Löst man dann das Gestänge vom Balancier und lässt es herab, so erscheint der Kolben in der Lücke zwischen dem Saugventile und dem Zylinder und kann frisch geliedert werden.

Eigenthümlich bei dieser Konstruktion ist das Fehlen jeglicher Schraubenverbindung.

Bei Fig. 1, Taf. XXI, ist noch darauf hinzuweisen, dass in der Detailzeichnung in der Ecke rechts unten die dreifache Kurbel *A* mit einem vierten, der Nabe konzentrischen Zapfen endigt, während dieser sammt dem zugehörigen Lager in der Hauptzeichnung weggelassen ist, vermuthlich weil man befürchtete, das Lager würde die dreifache Kurbel zu sehr verdecken.

Nr. 19 zeigt einen aus Holzhöhren und metallenen Verbindungsstücken zusammengesetzten Heber zur Entleerung eines erhöht gelegenen Teiches.

Nr. 20 (Fig. 9, Taf. XXI) ist überschrieben:

„Eine andere Machina, um durch ein Wasser-
rad das Wasser mit einer Pumpen in einen Trog
zu heben und dasselbige ferner mit einem Druck-
werk einen hohen Berg hinauf zu bringen.“

In der Beschreibung wird gesagt:

„. . . . die hölzernen Röhren *E* müssen wohl mit
eisernen Banden und Ringen verwahrt sein, damit sie von
dem Wasser, welches eine grosse Gewalt hat, nicht zer-
trieben werden“

Da auch hier, wo es sich um die Förderung von
Wasser auf einen hohen Berg handelt, nur von hölzernen,
mit Eisenringen verstärkten Steigröhren gesprochen wird,
ist anzunehmen, dass gusseiserne Wasserleitungsröhren
zu Anfang des siebzehnten Jahrhunderts noch unbekannt
waren.

Nr. 21 zeigt eine Wasserschraube (Archimedische
Schnecke), deren Konstruktion von den Angaben Vitruv's
(vergl. „Civilingenieur“ Jahrg. 1886, S. 629) nur dadurch
abweicht, dass die Schraubengänge nicht durch auf-
einander genagelte und mit Theer verklebte, gebogene
Holzleiste, sondern durch seitlich aneinander gefügte,
sektorenförmige Brettchen gebildet werden. Diese sind
in den Kern und den Mantel etwas eingelassen, letzterer
mit eisernen Reifen gebunden und das Ganze innerlich
und äusserlich durch einen Pechüberzug gedichtet. Die
eisernen Zapfen laufen in Lagern mit messingenen Anti-
friktionsrollen.

Nr. 22 bis 25 sind (abgesehen von der Zeichnung,
die Baldo von Urbino nach Hero's Beschreibung ent-
worfen hat) die ältesten Abbildungen von Feuer-
spritzen, die wir kennen. Die Nummern 22, 23 und
24 sind in unseren Figuren 4, 6, 8 und 7 wiedergegeben.
Nr. 25 zeigt die Anwendung einer solchen Spritze bei
einem Brande.

Die Ueberschrift Zeising's lautet:

„Eine schöne neue Invention einer Machinae
oder Feuerspritze, welche in Feuersnoth sehr nütz-
lich zu gebrauchen ist, also das ihres Gleichen
zuvor noch nie erfunden gewesen ist, denn jetzt
kann man trefflich grosse Rettung dadurch thun.“

Und die Beschreibung hebt an:

„Es ist nicht genugsam zu loben und auszusprechen,
was diese nachstehenden Feuerspritzen für grossen Nutzen
und Errettung in Feuersnöthen gethan haben, denn es
können 5 oder 6 Personen, die eines Theils Wasser in die
Spritze tragen, anderen Theils die Spritze regieren und
das Wasser in das Feuer spritzen, mehr ausrichten, als
etliche Hundert Mann sonst thun können.“

In der Beschreibung zu der Detailzeichnung Nr. 24
(Fig. 7, Taf. XXI) wird gesagt:

„Man lässt zwei starke messingene Röhren (Zylinder)

giessen, wie sie im Kupferstiche mit *A* bezeichnet sind . . .
sie müssen, je nachdem man das Werk stark haben will,
2—10 oder mehr Zoll weit sein. . . . und müssen etwa
eine Elle oder anderthalb Ellen hoch und inwendig gleich
weit und fein glatt ausgedreht sein, auch unten einen starken
Boden haben. Auch muss unten eine jede ein ziemlich grosses
rundes oder viereckiges Loch haben und inwendig auf jedem
Loch ein Ventil *B* darüber. Solch Loch aber mag man ent-
weder auf der Seite unten bei dem Boden, oder unten im
Boden machen, was bequemer und besser ist. Denn die
Pumpen (kolben), die inwendig an die eisernen Stangen *M*
gemacht und recht justirt sind, müssen das Wasser durch
diese Löcher ziehen, und es müssen die Röhren (Zylinder)
in einem kupfernen Kessel stehen, wie er im Kupferstich
Nr. 22 (Fig. 6, Taf. XXI) mit *B*, oder in einer kupfernen
Wanne, wie sie im Kupferstich Nr. 23 (Fig. 8, Taf. XXI)
ebenfalls mit *B* bezeichnet ist, und also mit dem Kessel oder
mit ihm in einem hölzernen starken Kasten stehend unten
mit starken Schraubenbolzen und Schraubbanden von Messing
wohl angemacht und befestigt sein, damit sie feststehen . . .
Es müssen darnach noch andere Rohrlöcher, eines in jeder
der genannten Röhren (der Zylinder) sein, durch welche
das eingesogene Wasser wieder herausgedrückt wird. Diese
haben Röhrlein, die nach oben gegen einander zusamen-
gehen, wie sie im Kupferstich Nr. 24 (Fig. 7, Taf. XXI)
mit *C* bezeichnet sind, und oben an eines jeden Ende an-
gesetzte Ventile. Diese Röhren werden unten an den Zwiesel
(die gabelförmige Röhre) der Spritze gestossen . . . Die
eisernen Pumpenstangen sind mit *M* bezeichnet und unten
daran sind messingene Kolben *L*. Das Obertheil der
Pumpenkolben ist an den Stangen unbeweglich, das Unter-
theil aber steckt man darauf, zwingt das Pumpleder da-
zwischen und schraubt die Stücke so mit einer Schraube *N*
(d. i. eine Mutter) zusammen. Die Pumpenstangen sind
aber oben in einen starken Querbalken (Balanzier) *I* ein-
gemacht. Dieser steht auf einem starken Stock oder Quer-
eisen *F*. Derselbe ist auf dem Kasten querüber wohl
befestigt, denn er muss die ganze Gewalt der Bewegung
aushalten. Er hat Löcher *P*, durch welche theils die
Schraubenbolzen *O*, die ihn und zugleich die grosse Röhre
(den Zylinder) in dem Kasten befestigen, theils auch die
Pumpenstangen in die Pumpenröhren gehen. — Wenn nun
das Wasser durch die unteren Ventile in die Pumpenröhren
gezogen ist, so wird es durch die Arme oder kleinen Seiten-
röhren *C*, die in die Höhe gerichtet sind, in den Zwiesel *D*
heraufgedrückt, wo es in einem Stock (Rohrstücke) zu-
sammenkommt und zu dem oberen Ende der Zwieselsröhre
getrieben wird. Auf diese ist oben ein Hut (Knierohr)
gesteckt. Dieser muss zwar gehob angesteckt sein, aber
doch so, dass man ihn herumdrehen kann, gleichwie die
Theile eines Bierhahnes gehob in einander herumgedreht
werden. Dieser Hut hat seinen Ausgang oder seine Mün-
dung nach der Seite hin, sodass er wie ein Winkelmaass
geformt ist, und damit er nicht abfahre von dem Halse der
Röhre, daran er steckt, muss die Röhre um und um eine
Kerbe haben und durch den Hut (d. h. durch seine Wan-
dung) müssen ein Paar Schräublein auf beiden Seiten in
die Kerbe geschraubt werden. Dieselben halten dann den
Hut, sodass er von der Gewalt des Wassers und beim

Herumdrehen nicht weggetrieben oder abgestossen wird. In die Mündung des Hutes wird das letzte Stück der Spritzröhre *H* gesteckt; doch ist es besser, dass das Mundloch des Hutes in die letzte Spritzröhre *H* gesteckt und wohl gefügt werde. Und gleichwie man den Hut *G* auf seiner Röhre *D* herumdrehen kann, so muss auch die Röhre *H*, worin die Schnautze des Hutes geht, herumgedreht werden können. Dann kann man, wegen der Beweglichkeit des Hutes, das Wasser in jedem Augenblicke hinlenken und spritzen, wohin man will, wegen der Beweglichkeit des Spritzrohres *H* aber kann man das Spritzwasser in die Höhe oder Tiefe bringen, wie man will Es ist auch zu merken, dass man in den Waagbalken (Balanzier) *F* gegen beide Enden hin Querhölzer steckt oder mit eisernen Bändern umfasst, auf dass 12 oder 14 Personen, je nachdem man das Wasser mit Gewalt spritzen will, daran ziehen können; auch ist noch zu merken, dass die letzte, mit *H* bezeichnete Röhre sehr lang sein muss, etwa drei Ellen und nicht viel darunter, denn je länger sie ist, desto höher kann das Wasser getrieben werden, gleichwie auch ein Blasrohr um so weiter trägt, je länger es ist. . . . Und solche Spritzen mit allen ihren Theilen kann man entweder in einen Kessel, der in einem dazu verfertigten Kasten auf einem Wagen steht, setzen, wie Nr. 22 (Fig. 6) zeigt, oder man kann sie in eine kupferne Wanne in einem starken Kasten auf eine starke Schleife oder einen Schlitten setzen, wie im Kupferstich Nr. 23 (Fig. 8) zu sehen ist. Auch kann man kleine Spritzen in der Art machen, dass man die beiden Röhren (Zylinder) auf ein starkes Messing- oder Kupferblech schraubt, wie im Kupferstich Nr. 22 bei *A* (Fig. 4) dargestellt ist, dass man sie hernach in ein Wasserfass setzen und daraus in die Zimmer, die Feuermauer, den Schornstein, oder wohin es Noth thut, spritzen möge“

Am Schlusse der speziellen Beschreibung der Kupfertafel Nr. 22 (Fig. 6) ist bemerkt:

„Es muss auch der Kessel *B* oben einen löcherigen Messingdeckel haben, damit nicht Unreines von Holz, Steinen oder grobem Koth, sondern nur das Wasser in die Spritzröhre kommt.“

In der speziellen Beschreibung des Kupfers Nr. 23 (Fig. 8) findet sich die Stelle:

„Allhier ist auch noch zu bemerken, dass unten aus der kupfernen Wanne eine mit *I* bezeichnete Röhre herausgeht, ferner das links unten abgebildete Stück (*P**), welches ein hohler kupferner Kolben oder Knopf ist, in welchen viele kleine Löcher gemacht sind. Dieser Kolben biegt sich mit seinem Halse (der in der Abbildung nicht dargestellt ist) unter sich, wenn man ihn an die Röhre steckt, die aus der Wanne herausgeht, und ist Solches an einer ausgeführten Spritze gemacht worden, damit man auch das Wasser aus dem Gerinne auf der Gasse, welches man mit einem Schutzbrette abgedämmt hat, von unten in die Pumpenröhren ziehen kann. Aber diese ausgeführte

*) Diese gesperrt gedruckten, nothwendigen Worte fehlen im Texte, wahrscheinlich in Folge eines Versehens des Setzers.

Spritze hat unten im Kessel eine messingene Querröhre, worauf die zwei grossen messingenen Pumpröhren (Zylinder) ruhen und das Wasser von unten aus dem Kessel (oder aus dem Strassengerinne) in sich ziehen Man muss auch einen Stöpsel gar fest vor denselben Kanal oder die Röhre *I* schlagen, wenn man kein Wasser aus dem Gerinne oder fliessenden Wasser hineinziehen lassen will.“

Aus alledem geht hervor, dass diese Feuerspritzen weder Windkessel noch Spritzenschläuche hatten, und es ist daher nicht recht verständlich, was unter der „neuen Invention“ gemeint ist, die Zeising so sehr rühmt.

Bekanntlich sind Feuerspritzen ähnlicher Art von Hero dem Aelteren von Alexandria, einem Schüler des Ctesibios, schon im zweiten Jahrhundert vor Christi Geburt beschrieben worden (siehe „Civilingenieur“ Jahrg. 1886, S. 416).

„Aber zweifelhafter ist es (sagt Joh. Beckmann in seinen ‚Beiträgen zur Geschichte der Erfindungen‘, Leipzig 1799, Bd. IV, S. 431), ob deren Gebrauch bald allgemein geworden sei, und ob schon das alte Rom diese vortheilhafte Maschine gehabt habe. Plinius der Jüngere, welcher vom Jahre 111 n. Chr. an Legat in Bythynien war, meldete dem Kaiser Trajan, dass die Stadt Nikomedien grösstentheils abgebrannt sei und sagt (Epistol. 42, lib. 10):

„Der Brand hat sich weiter ausgebreitet, erstens durch die Heftigkeit des Windes und dann wegen der Trägheit der Leute. Denn es steht fest, dass die Zuschauer bei diesem grossen Unglücke müssig und unbeweglich blieben. Uebrigens war auch nirgends in der Gemeinde eine Spritze (et alioqui nullus usquam in publico siphon), nirgends ein Feuerreimer und überhaupt kein Instrument zum Unterdrücken von Bränden, und zwar waren diese, wie ich schon angeordnet habe, in der Vorbereitung begriffen.“

„Unter diesen Löschgeräthschaften scheint siphon allerdings die Feuerspritze des Ctesibios gewesen zu sein, obgleich Einige darunter nur Wasserleitungen, Kanäle, Röhren zur Vertheilung des Wassers in der Stadt haben verstehen wollen. Nun möchte ich nicht leugnen, dass das Wort auch solche Röhren bedeutet hätte, zumal wegen einer Stelle des Strabo, wo er von den unterirdischen Wasserleitungen zu Rom redet und sagt (lib. 5 ed. Almel p. 360):

„Soviel Wasser wird durch den Aquaeduct in die Stadt geleitet, dass Ströme durch die Stadt und die Kloaken fliessen und fast jedes Haus reichlich Cisternen, Röhren (*αἰφώρας*) und Kanäle hat.“

„Aber einen starken Beweis (fährt Joh. Beckmann fort), dass Plinius allerdings Feuerspritzen gemeint hat, kann ich aus einem gleichzeitigen Schrift-

steller beibringen. Nämlich Apollodor, der Baumeister, dessen Hülfe Kaiser Trajan bei Erbauung der berühmten Donaubrücke und bei Aufführung einiger grossen Werke in Rom brauchte, sagt in dem Ueberbleibsel seines Buches von Kriegswerkzeugen (*Poliocetica* p. 32 in *Veterum mathematic. opera*):

„Wenn der obere Theil eines Gebäudes, zu dem der Aufstieg schwierig ist, stark brennt und jenes Instrument, welches *sipho* genannt wird, nicht in der Nähe ist, passt man nochmals durchbohrte Rohre, wie die der Vogeljäger*), an denjenigen Stellen an, wo sie Wasser hinbringen sollen, und Schläuche voll Wasser, welche zusammengepresst werden, werfen das Wasser nach der Stelle aus, die von Feuer verzehrt wird.“

Wir erinnern daran, dass eine zusammengeinähte Thierhaut, d. i. der Schlauch, die älteste Form des Blasbalges ist (vergl. Dr. Ludwig Beck, „Geschichte des Eisens“, Bd. I, S. 97 und 75), und dass der Balg auch eine der ältesten Formen der Wasserpumpen ist (vergl. „Skizzen aus der Zeit der Hussitenkriege“ im „Civilingenieur“ Jahrg. 1892, Taf. XXII, Fig. 42).

„Dass man wenigstens im vierten Jahrhundert unter *sipho* eine eigentliche Feuerspritze verstand (führt Joh. Beckmann fort), beweist Hesychius völlig, sowie Isidorus**), der jedoch erst im Anfange des siebenten Jahrhunderts lebte.“

Ersterer schrieb ein Lexikon, worin er sagt:

„*Sipho* ist ein Instrument, um Wasser nach den Bränden hin zu werfen.“

Letzterer sagt in seinem Werke „*Origines s. Etimologiae*“ XX, 6:

„*Sipho* wird ein Gefäss (*vas*) genannt, welches Wasser durch Ausblasen ausgiesst. Solche gebrauchen nämlich die Orientalen. Denn wo sie merken, dass ein Haus brennt, laufen sie mit Spritzen (*cum siphonis*) hinzu und löschen den Brand, aber sie reinigen auch damit Altäre (oder Steindenkmäler, *aras*) durch das nach den obersten Theilen hin ausgepresste Wasser.“

„Aus den Worten: ‚solche gebrauchen die Orientalen‘ sollte man schliessen, dass Feuerspritzen im Occident selbst im siebenten Jahrhundert noch nicht gebräuchlich gewesen wären.“

*) *Arundines rursus perforatae, cuiusmodi sunt aucupum*, sind Schilf-, Bambus- oder dergleichen gewachsene Rohre, die ausgebohrt wurden, um die Knoten aus der inneren Höhlung zu entfernen und diese gleichmässig zu machen, und deren sich die Vogeljäger als Blasrohre bedienten.

**) Hesychius aus Alexandria, Grammatiker des vierten oder sechsten Jahrhunderts n. Chr. St. Isidorus Hispalensis wurde um 594 Bischof von Sevilla in Spanien und starb 636.

„Nur eine Stelle des Ulpianus*) pflegt man zum Beweise anzuführen, dass man schon zu seiner Zeit in Rom Feuerspritzen gehabt habe. Da wo er diejenigen Dinge nennt, welche zu einem Hause, das verkauft wird, gehören, sagt er (*Digest. XXXIII, 7, 18*):

„Auch Essig (*acetum*), welcher wegen zu löschender Brände bereit gehalten wird, sowie aus Lappen zusammengeflückte Decken (*centones*, womit man das Feuer zu erstickern suchte), Spritzen (*siphones*), Stangen und Leitern, Matten, Schwämme und Besen soll es enthalten, sagen die meisten und auch Pegasus.“

„Auch Alexander ab Alexandro**), dessen Urtheil freilich nichts entscheidet, hat dort Spritzen verstanden, denn er sagt in seinem Werke ‚*Dies geniales*‘ V, 24. p. 342:

„*Siphones* nennt man mit Lederschläuchen (oder Bälgen, *follibus*) verbundene Röhren oder hydraulische Maschinen, durch deren Bewegung sie Wasser nach den oberen Theilen der Gebäude auswerfen, und welche auch pneumatische Maschinen genannt werden.“

Diese *fistulae follibus junctae*, sagt Joh. Beckmann, sind diejenigen Röhren, welche schon Apollodor vorgeschlagen hat; wir aber möchten dabei auch auf die vorhin schon erwähnte Balgpumpe („Civilingenieur“ 1892, Taf. XXII, Fig. 42) hinweisen, welche von Jacobus Marianus um 1440, also etwa 80 Jahre früher, als Alessandro Alessandri Obiges schrieb, von einem seiner Landsleute skizzirt wurde.

Ueber die angeführte Stelle Ulpian's sagt Joh. Beckmann im Gegensatze zu Denen, welche daraus entnehmen, dass man zu Anfang des dritten Jahrhunderts n. Chr. in Rom Feuerspritzen gehabt habe:

„Aber wenn dieses Wort (*siphones*) Spritzen bedeuten soll, so scheint diese Stelle zuviel zu beweisen; dann müsste man es als einen damals gewöhnlichen Fall annehmen, dass einzelne Häuser eigene Spritzen gehabt hätten. Das müssten denn doch nur kleine Handspritzen gewesen sein, dergleichen auch hier manche Häuser haben, und die Stelle könnte wenigstens nicht als ein Zeugniß von öffentlichen Spritzen, dergleichen Plinius in Nikomedien vermisste, gedeutet werden. Allein viel wahrscheinlicher ist, dass Ulpian nur diejenigen *siphones* gemeint hat, welche nach des Strabo Bericht fast jedes Haus zu Rom hatte, das ist: Röhren, welche das Wasser zum häuslichen Gebrauche hinführten.“

Ohne diese Ansicht Beckmann's bestreiten zu

*) Berühmter römischer Rechtsgelehrter, geb. um 170 n. Chr. in Tyrus, um 228 als Präfect der Prätorianer von diesen ermordet.

**) Eigentlich Alessandro Alessandri, Advokat in Neapel, lebte von 1461 bis 1523.

wollen, müssen wir doch darauf hindeuten, dass diese Stelle an Inkonsequenz leidet. Vorher war nur die Frage, ob der Gebrauch der von Hero beschriebenen Feuerspritzen bald allgemein geworden sei und ob das alte Rom schon solche gehabt habe; hier aber wird die „öffentliche Spritze“ der „kleinen Handspritze“ gegenübergestellt, und der Satz so gefasst, als ob es sich nur um die Frage handle, ob das alte Rom „öffentliche Spritzen“ gehabt habe, worunter ohne Zweifel grosse fahrbare Spritzen verstanden werden sollen.

Hero erwähnt aber in seiner Beschreibung weder einen Wagen noch einen Schlitten, und es ist daher anzunehmen, dass er keine fahrbare, sondern eine tragbare Spritze gemeint hat, und daraus folgt, dass ihr Gewicht und ihre Dimensionen nicht gross gewesen sein können. Zu der Annahme, dass diese nicht öffentlichen Zwecken dienen könnten, ist kein Grund vorhanden. Beckmann scheint der Ansicht gewesen zu sein, dass die kleinen Handspritzen eine modernere Erfindung seien, weil zu seiner Zeit nur manche Häuser in seiner Umgebung sie hatten. Naturgemässer dürfte aber die Annahme sein, dass man zuerst kleine Spritzen baute und später zu grösseren überging, und es ist zu berücksichtigen, dass die Häuserbesitzer im alten Rom in anderen Verhältnissen lebten, als die deutschen des vorigen Jahrhunderts, und dass bei diesen, gerade weil bessere öffentliche Spritzen vorhanden waren, ein so grosses Bedürfniss zur Anschaffung eigener Handspritzen nicht bestand, wie es im alten Rom der Fall gewesen sein dürfte. Der Grund, warum Beckmann sich eine öffentliche Feuerspritze nur als eine grosse fahrbare denken konnte, dürfte darin zu suchen sein, dass diese zu seiner Zeit mit Windkessel und Spritzenschläuchen versehen waren, und er sich keine Vorstellung davon machen konnte, von wie geringem Nutzen gerade die grossen fahrbaren Spritzen waren, ehe sie diese Vervollkommnungen erfahren hatten. Will man hierüber zu einer richtigen Vorstellung gelangen, so sollte man nicht versäumen, das nachzulesen, was die Erfinder der Spritzenschläuche, Jan van der Heide und Jan van der Heide der Jüngere, General-Brandmeister der Stadt Amsterdam, in ihrem mit vielen ausserordentlich schönen Kupfern ausgestatteten Werke in Grossfolio „Beschrijving der nieuwljks uitgevonden en geotrojeerde Slang-Brand-Spuiten etc.“, Amsterdam 1690, über die alten fahrbaren Spritzen sagen, die diese Verbesserung noch nicht hatten. Da heisst es zunächst in der Vorrede an Bürgermeister und Rath der Stadt Amsterdam:

„ . . . Sie (die Verbesserungen) wurden auf Ew. Hoch-

wohlgeboren Befehl in's Werk gesetzt und vorerst zur Probe an alten städtischen Feuerspritzen angebracht, als im Jahre 1672 . . . uns die Aufsicht über die alten Spritzen übertragen wurde, weil diese damals, wie Ew. Hochwohlgeboren mit Recht bemerkten, mehr Nachtheil als Nutzen bei den Bränden brachten.“

Das zweite Kapitel des ersten Theiles handelt ausführlich „von den alten Spritzen“ und lautet:

„Dieses Instrument verhiess zuerst sehr viel. Es ist gross und ansehnlich, und man kann damit das Wasser von der Strasse bis auf die Dächer der Häuser werfen und es mittelst des Spritzrohres, welches auf oder an der Spritze befestigt, aber drehbar ist, nach allen Seiten hinsenden. Damit schien dem Mangel der Feuereimer, welcher für den grössten gehalten wird, weil er am meisten in die Augen fällt, abgeholfen zu sein, und man machte sich so grosse Erwartungen davon, dass sie in sehr vielen Städten angewendet und auch in dieser Stadt bis zu ungefähr sechzig an der Zahl angeschafft wurden. Aber diese Erfindung entsprach den darauf gesetzten Erwartungen so schlecht und ihre Wirkung bei Bränden war von so geringem Nutzen, dass einer der ältesten Bürgermeister von Amsterdam, der damals genaue Beobachtungen über die Brände angestellt hatte, uns sagte, er habe klar herausgefunden, dass sie bei dem Gebrauche von diesen Spritzen durchweg schwerer würden, als zuvor, und dass man sie jetzt weniger oft löschen könne, ehe ein oder mehrere Häuser vernichtet seien, als damals, als man sich noch mit Eimern allein behelf . . . Der Grund davon ist, dass die alten Spritzen, auf der Strasse stehend, das Wasser nicht anders, als von unten gerade von sich weg gegen die Vordergiebelmauer*) und selbst darüber hinaus, oder durch die Fenster und Glasscheiben, wenn sie offen waren, nur kurz hinter die Giebelmauer spritzen konnten . . . Die Strahlen endigten oder prallten (an die Zimmerdecken) kurz hinter der Giebelmauer an, wo sie herabfielen . . . folglich konnten sie nur die Vorderseite der Brände, die in den vorderen Zimmern entstanden, treffen, während sie die hinteren Theile dieser Brände nicht erreichen konnten und diesen volle Freiheit liessen, sich nach hinten und seitwärts auszudehnen. So wird die ganze Wirkung dieser Spritzen auf die Giebelmauer verwendet, und diese etwas länger stehend erhalten, obgleich sie für diese Spritzen besser zuerst aus dem Wege geräumt würde. Und wenn sie bei solchen Bränden, die in den vorderen Zimmern entstehen und die bequemsten und erreichbarsten sind, offenbar keinen Vortheil gewähren können, so ist sicher, dass sie gegen alle anderen, die in inneren Zimmern und in Hinterhäusern fern von der Strasse entstehen, nichts in der Welt ausrichten können . . . In allen diesen Fällen, die bei Weitem die häufigsten sind, weil die Küchen und anderen Räume, worin das meiste Holzwerk ist und am meisten mit Feuer und Licht umgegangen wird, gewöhnlich in den hinteren Theilen der Häuser liegen, können diese Spritzen, weil dann der vordere Theil des Hauses im Wege steht, nichts thun, bevor der

*) Zu damaliger Zeit pflegte man bekanntlich die Häuser mit einer Giebelseite an die Strasse zu stellen.

Brand, indem er das Innere durchgebrannt hat, schwerer geworden ist und, sich nach allen Seiten ausbreitend, bis zur vorderen Giebelmauer durchgedrungen ist.“

Hat man in Amsterdam, nachdem man die Spritzen alter Konstruktion in so grossen Dimensionen angeschafft hatte, dass sie gefahren und auf die Strasse gestellt werden mussten, alsbald diese schlechten Erfahrungen gemacht, so wird man sie wohl in Rom im gleichen Falle auch gemacht haben, zumal die Häuser dort sehr hoch und die Strassen eng waren. Denn Seneca tadelte dort (*Controvers. 9, libri 2, pag. 153*):

„Die Wohnhäuser, welche man so sehr in die Höhe baut, dass die Wohnungen, welche man zum Nutzen und Schutze errichtet, jetzt eine Gefahr und kein Schutz sind. Die Höhe der Gebäude und die Enge der Strassen sind so gross, dass es weder einen Schutz gegen Feuer noch nach irgend einer Seite hin einen Ausweg aus den Ruinen giebt.“

Deshalb ist anzunehmen, dass sich in alten Zeiten nur tragbare Spritzen einbürgern konnten, und es scheint, dass solche nicht nur von Gemeinden, sondern mehr noch von wohlhabenden Hausbesitzern zum Schutze einzelner Häuser angeschafft wurden. Wohlhabend mussten die Hausbesitzer gewiss sein, welche alle die von Ulpianus aufgezählten Dinge für den Fall eines Brandes bereit halten sollten. Denn wer einen Brand mit Essig löschen will, braucht viel davon, und wenn man ihn mit nassen Decken und Matten ersticken will, müssen diese zahlreich oder so gross sein, wie die Segeltücher, die Jan van der Heide in seinen Abbildungen der früher üblichen Löschweisen darstellt. Man sieht da oft das ganze Dach des brennenden Hauses mit einem oder mehreren solcher Tücher bedeckt.

Wohl darf aber angenommen werden, dass man schon in alten Zeiten hin und wieder auf den Bau grosser, nur auf Fuhrwerk transportabler Spritzen verfiel, indem man sich von ihrem mächtigen Wasserstrahle grossen Nutzen versprach.

Paul von Stetten berichtet in seiner „Kunst- und Handwerksgegeschichte der Reichsstadt Augsburg“, die 1779 daselbst erschien, dass man in den Bauamtsrechnungen dieser Stadt zuerst im Jahre 1518 Feuerspritzen genannt findet. Sie heissen dort „Instrumente zu Brunsten“ oder „Wasserspritzen zum Feuer dienlich“ und wurden von einem Goldschmied, Anton Blatner zu Friedberg, der aber in dem genannten Jahre Bürger von Augsburg ward, verfertigt. Aus dem Zusatze, dass die Räder und Stangen dazu von einem Rademacher gemacht werden, und aus der Grösse der dafür angesetzten Ausgaben kann man schliessen, dass es grosse

fahrbare Spritzen gewesen sind. Aber vor der Erfindung der Spritzenschläuche mussten praktische Versuche mit diesen immer zu derselben Enttäuschung führen, die Jan van der Heide schildert, und die Begeisterung, womit Zeising von solchen Spritzen als einer neuen Invention spricht, beweist nur, dass frühere Versuche dieser Art zu seiner Zeit wieder in Vergessenheit gerathen waren, oder dass doch unserem Autor die Kenntniss davon, sowie die praktische Erfahrung zur richtigen Beurtheilung derselben abging.

Im dritten Theile seines Werkes ist auf der Kupfertafel Nr. 4 eine Mühle mit zwei Mahlgängen, die vermittelst eines grossen horizontalen Tretrades durch Menschenkraft betrieben wird, abgebildet (*Fig. 2, Taf. XXI*). Ein kleines horizontales Tretrad für Menschen sahen wir schon bei Agricola (siehe „*Civilingenieur*“ Jahrg. 1888, *Taf. XXII, Fig. 3*); dieses aber erinnert durch seine Grösse mehr an das schrägstehende, venezianische Tretrad für Ochsenbetrieb, welches Zonca beschreibt (siehe „*Civilingenieur*“ Jahrg. 1893, *Taf. XIV, Fig. 12*).

Die Kupfertafel Nr. 16 zeigt, wie Eingangs erwähnt wurde, eine Kopie der auf Ramelli's *Taf. 136* abgebildeten Holzsägemühle (siehe „*Civilingenieur*“ Jahrg. 1890, *Taf. XXX, Fig. 52*), Nr. 17 die durch unsere *Fig. 10, Taf. XXI*, wiedergegebene. Diese unterscheidet sich vorthellhaft von der vorhergehenden. Die Kurbel, welche das Sägegatter bewegt, sitzt bei Ramelli auf der Wasserradwelle, hier aber auf einer rascher gehenden Vorgelegewelle mit Schwungrad. Der Blockwagen, der bei Ramelli wie eine grosse Schraubzwinge den zu schneidenden Block einklemmt, bildet hier einen festen Rahmen, worauf der Block liegt und mit einigen Eisenklammern befestigt ist. Bei Ramelli wird dieser Blockwagen durch ein Seil bewegt, das mehrmals um die Welle des Schaltrades geschlungen und dessen eines Ende am hinteren, das andere am vorderen Ende des Blockwagens befestigt ist; hier aber ist das Seil durch eine Kette ersetzt, deren Enden auf Spannwalzen hinten und vorn am Blockwagen befestigt sind. Die Rückwärtsbewegung des letzteren muss bei Ramelli mit der Hand geschehen, während hier ein aus- und einrückbares Rädervorgelege angebracht ist, vermittelst dessen diese Rückwärtsbewegung durch das Wasserrad erfolgt.

Nr. 18 ist, wie Eingangs bemerkt, eine Kopie der Walkmühle, die Zonca auf Seite 18 seines Werkes darstellt (siehe „*Civilingenieur*“ Jahrg. 1893, *Taf. XIV, Fig. 5*). Sie führt bei Zeising die Ueberschrift:

„Eine Machina oder Rüstung, den Tuchmachern die Tuch zu walken, dergleichen auch die gebleichten Schetter.“

Nr. 19 unterscheidet sich hiervon nur dadurch, dass die Hebdaumen der Walkhämmer nicht direkt auf der Wasserradwelle, sondern auf einer Vorgelegewelle sitzen, und dass diese andererseits noch mit der Welle eines grossen Schleifsteins durch Zahnräder verbunden ist. Die Ueberschrift lautet:

„Eine andere Art und Manier einer Walkmühle, darinnen die Weissgerber ihr Leder walken, mit dem Eisch-trog (oder Lischtrog), dabei auch ein Schleifstein hängt.“

Nr. 20: „Eine Machina oder Oelmühle, dadurch man allerhand Oel schlagen kann, als Mandeln, Nuss, Lein und Rübsaat“ (Fig. 3, Taf. XXI).

Dies ist die älteste Abbildung einer Keilpresse für Oelfabrikation.*) Pressen dieser Art, welche man heute noch in kleinen Oelmühlen findet, unterscheiden sich von der hier abgebildeten nur dadurch, dass bei ihnen die Keile von oben durch schwere Stempel hinein- oder herausgetrieben werden, während dies hier in horizontaler Richtung durch einen schweren Holzhammer geschieht, der an einer horizontalen Welle über der Presse aufgehängt ist, und den man mittelst einer Stellvorrichtung bald auf die eine, bald auf die andere der beiden in der Oellade angebrachten Pressvorrichtungen wirken lassen kann. Die Beschreibung Zeising's lautet:

„Es wird aber solche Mühle mit einem Wasserrade umgetrieben, an dessen Wellbaum das Kammrad *S* ist. Dieses ergreift mit seinen Zähnen das Stirnrad, in dessen Wellbaum die Hörner (Hebdaumen) kreuzweise eingezapft sind, je nach der Zahl der Stempel, welche unten mit eisernen Köpfen beschlagen sind und ihrer Schwere halber, wenn die Heber durch die Hörner erreicht und die Stempel in die Höhe gehoben sind, stracks unter sich stossen in die ausgehauenen Vasa, die unten am Boden mit starken Eisen beschlagen sind. Darin stösset man die Materie, daraus man Oel haben will, klein. Diese wird nachmals in einem Kessel geröstet und also warm zwischen zwei haarenen Tüchern *VZ* in die Form *BC* gelegt und in den eichenen Baum *A* gesteckt, in den man einen anderen viereckigen Klotz *D* von oben herab einsenkt und von hinten einen Keil *E* durchstösst, der vornen etwas schmaler ist, als hinten. Darnach steckt man den Keil *F* dazwischen und richtet den Schlegel durch den Arm *G*, der Löcher hat, wie der Balken (Stiel), woran der Schlegel hängt, auf den Keil. So ergreift das eine Horn (ein Hebdaumen)

*) Anmerkung: Eine sehr primitiv konstruirte Keilpresse zum Weinkeltern, die wohl auch zum Auspressen von Oliven verwendet werden konnte, zeigt allerdings schon ein in Herculaneum aufgefundenes Gemälde. (Siehe Antony Rich's Illustriertes Wörterbuch der Römischen Alterthümer, Artikel: torcular.)

am Wellbaum das eine Holz *M* an der Wand (welches in der Abbildung nicht sichtbar ist) und zieht solches herab, und in solcher Bewegung ergreift das andere Horn (vermuthlich ein anderer Hebelarm, der mit dem Holze *M* auf einer Achse sass) auch das obere Holz (in dem horizontalen Wellbaume), von dem der Strick nach dem unteren geht, und zieht es nach, hebt den Schlegel sehr hoch und schnappt los. So schlägt der Schlegel den Keil hinein und zwinget also das Oel mit grosser Macht heraus, welches unten durch den grossen eichenen Baum *A*, der ein Loch hat, heraus in ein untergesetztes Geschirr fliesst.“

Genau dieselbe Einrichtung wird noch in Beyer's „Theatrum Machinarum Molarum oder Schauplatz der Mühlenbaukunst“, Leipzig 1735, S. 81, als die in Deutschland für Oelmühlen allgemein gebräuchliche ausführlicher beschrieben und abgebildet. Auf S. 83 folgt dann die Beschreibung der „Holländischen Oelmühlen“, die mit einem Kollergang und schwereren Stampfen die Oelsaat zerkleinern und das erwärmte Mahlgut in Keilpressen auspressen, deren Keile durch schwere Stempel von oben eingetrieben werden. Wie wenig aber diese Art von Oelmühlen im Jahre 1735 noch in Deutschland im Gebrauche waren, geht aus der Einleitung und der Schlussbemerkung zu Beyer's Beschreibung hervor. Erstere lautet:

„Nachdem wir die Beschaffenheit hiesiger Oelmühlen deutlich abgehandelt haben, wollen wir nun dem geneigten Leser auch ein Modell der Holländischen Invention mittheilen und dabei zeigen, wie solche von Wasser ihre Bewegung erhalten können, während in Holland meist alle Maschinen vom Winde getrieben werden, hier zu Lande aber auf denselben nicht viel zu bauen ist. Die Zeichnung ist aus Pieter Limperch's Moele-Boek genommen.“

Am Schlusse sagt Beyer:

„Und also würde man das Wasserrad noch einmal so breit erbauen müssen, als es Tab. XXVIII (welche die vorhin beschriebene Einrichtung darstellt) ist und auch doppelt so viel Wasser dazu nöthig haben. Es wäre demnach ja ebenso wohlgethan, wenn man ein so weites Wasserrad mit dem dazu erforderlichen Wasser anlegen wollte, wenn man an demselben zwei solche Stampfwerke anbrächte, wie wir eines bei unserer Oelmühle dargestellt haben, und es wäre dann vielleicht ebensoviel damit auszurichten, als mit einer Holländischen Oelmühle, wie wir denn in der That hier zu Lande viele derselben mit doppeltem Zeuge gar nutzbar gebrauchen. Wir lassen inzwischen die Holländische Oelmühle in ihrem Werth. Dass sie in Holland gute Dienste thut, ist gewiss; ob wir sie aber mit dem Trieb des Wassers (weil auf die Kraft des Windes hier zu Lande nicht wie in Holland gebaut werden kann) so gut nützen würden, ist nicht ausgemacht.“

Zeising's Nr. 24 zeigt eine Schmiede, worin ein Paar Blasbälge und ein Schwanzhammer durch ein

Wasserrad und eine ziemlich komplizierte Transmission mit Zahnräderübersetzungen betrieben werden.

Nr. 25 zeigt eine Schleiferei mit Wasserradbetrieb, wovon in unserer Fig. 5, Taf. XXI, die wesentlichen Theile wiedergegeben sind. Der Text hierzu ist hauptsächlich dadurch interessant, dass wir darin zum ersten Male Riemen zur Uebertragung einer drehenden Bewegung erwähnt finden. Aus der eigentlichen Beschreibung ist dies zwar nicht ersichtlich, denn darin heisst es:

„An der anderen (d. h. der zweiten) Scheibe ist ein Rad *F* mit einer Hölen (Höhlung) ausgedreht, daran leit (liegt) eine Röhren *G* und treibt also das Rad *H*, an dessen eiserner Achse drei kleine Räder *K* stecken, welches man den Stechzeug nennet, zu gar subtilen Dingen und hohlen Rappier- und Dolchklingen.“

Darnach folgt aber noch eine „Erklärung der Stück“, d. h. eine Erklärung der in der Abbildung durch Buchstaben bezeichneten Theile, worunter aufgezählt werden:

Die grösste grobe Scheib *E*.

Die ander Scheib, daran der Riemen leit *F*.

Der Riemen *G*.

Das Rad, das vom Riemen rumbgezogen wird *H*.

Dass der Theil *G* im eigentlichen Text „eine Röhre“ genannt wird, während in der „Erklärung der Stück“ dafür immer „der Riemen“ steht, könnte auf einem Druckfehler beruhen. Es könnte aber auch andeuten, dass der Riemen nach einer Schraubenlinie zusammengedreht war, so dass er auch als Röhre bezeichnet werden konnte. Diese Art des Ueberganges von dem schon lange bekannten Schnurtrieb zum Riementrieb ist nicht unwahrscheinlich, und der Umstand, dass von der Riemenscheibe gesagt wird, sie sei mit einer Hölen (Höhlung) ausgedreht, scheint auch darauf hinzudeuten, dass man sich den Querschnitt des Riemens rund vorzustellen

habe. Aus der Abbildung ist in dieser Beziehung nichts zu ersehen.

Nr. 26 ist überschrieben:

„Eine andere Art einer Machinae, dardurch die Waffen und allerhand Werkzeug geschliffen wird, ist fast der vorhergehenden zu vergleichen.“

Aus der Beschreibung führen wir folgende Stellen an:

„ dieweil aber die Steine täglich (d. h. den ganzen Tag) Wasser haben müssen, so ist eine Rinne über den Steinen angemacht, darein von dem Wasserrad durch zween Schöpfer täglich gossen wird, welches Wasser dann auf die Schleifsteine fällt“

Diese Vorrichtung sahen wir schon bei Zonca abgebildet und beschrieben („Civilingenieur“ Jahrg. 1893, Taf. XIV, Fig. 10 und S. 295 unten).

Zeising fährt aber hier fort:

„Es wird auch ebenermassen der kleine Zeug, darauf man hell schleift, durch einen Riemen wie der Stechzeug in der Poliermühlen (die vorhin beschrieben wurde) umgetrieben.“

Und in der „Erklärung der Stück“ findet man:

„Das Rad, daran man den Riemen legt *F*.“

Aus dem vierten und fünften Theile des uns vorliegenden Werkes heben wir nur noch die Kupfer-
tafel Nr. 5 des vierten Theiles hervor, deren wesentliche Theile in unseren Figuren 11 und 12, Taf. XXI, wiedergegeben sind, weil daraus deutlicher als aus Zonca's Abbildung einer Buchdruckerpresse („Civilingenieur“ Jahrg. 1893, Taf. XIV, Fig. 2) zu ersehen ist, wie damals bei diesen Pressen die Pressplatte nur durch Schnüre an die vierkantige Führungshülse gehängt war (Fig. 12, Taf. XXI), damit die Pressplatte nachgeben konnte, bis sie gleichmässig auf die Pressfläche drückte. Im Uebrigen verweisen wir auf die Beschreibung Zonca's (ebendasselbst S. 299).

Zur Geschichte des Eisens und der eisernen Brücken in Europa.

Antrittsrede

des

Regierungs- und Baurath **G. Mehrrens**

als ordentl. Professor für Statik der Baukonstruktionen u. Brückenbau an der Technischen Hochschule zu Dresden. *)

Hochgeehrte Versammlung!

Als Nachfolger des der technischen Wissenschaft leider zu früh entrissenen Geh. Hofrath Prof. Dr. Fränkel, der als Schriftsteller und Lehrer auf den Gebieten der „Statik“ und des „Brückenbaus“ jahrelang eine so hervorragende und segensreiche Thätigkeit entfaltet hat, fühle ich mich gedrungen, zunächst der Hohen Königlichen Behörde meinen gehorsamsten Dank abzustatten für die Berufung in ein so ausgezeichnetes Lehramt. Auch den Körperschaften der Königl. Technischen Hochschule, auf deren Vorschlag meine Berufung erfolgt ist, habe ich zu danken für das Vertrauen, das sie mir durch ihre Wahl bewiesen haben. Es wird mir eine Ehre und freudige Genugthuung sein, dem Lehrkörper einer Hochschule anzugehören, deren Bedeutung weit über die Grenzen unseres Vaterlandes hinaus anerkannt wird.

Der Gegenstand meiner Antritts-Vorlesung umfasst ein weites Sondergebiet der Ingenieur-Wissenschaften. Wenn ich es daher unternehme, Ihnen die bedeutsamsten geschichtlichen Begebenheiten auf diesem Gebiete vorzuführen, so kann dies selbstverständlich nur von grossen und allgemeinen Gesichtspunkten aus geschehen.

I.

Zwischen den Anfängen der Eisengewinnung, die im Dunkel der vorgeschichtlichen Zeit verschwinden, und dem Bau der ersten eisernen Brücken liegen viele Jahrtausende. Um nun zu erkennen, wie und warum eine so ungeheure Spanne Zeit verfliesen musste, ehe neben den von Alters her bevorzugten Brückenbaustoffen, Holz und Stein, auch das Eisen sich ebenbürtig erweisen konnte, lassen Sie mich zunächst die Vergangenheit bis zum Ende des vorigen Jahrhunderts, wenn auch nur ganz im Fluge, vor Ihrem geistigen Auge vorüber führen. Dabei möchte ich sowohl

die Entwicklungsstufen in der Verwendung des Eisens, als auch in der Ausbildung der mathematisch-mechanischen Grundlagen der Bauwerke markiren, also in zwei Sonderzweigen des technischen Wissens, die Jahrhunderte lang, ohne sich zu berühren, nebeneinander wuchsen, um schliesslich einem dritten Zweige das Leben zu geben, der „Eisenkonstruktion“, in welcher Praxis und Theorie des Baues eiserner Brücken zum vollendetsten Ausdruck gelangt sind.

Noch zur Zeit Karl's des Grossen, der ein eifriger Förderer der Eisengewerbe war, diente das Eisen vorwiegend kriegerischen Zwecken; ehe es auf dem Felde der friedlichen Künste und Gewerbe seine kulturelle Macht entfalten konnte, mussten noch Jahrhunderte ins Land gehen. In den persönlichen Verhältnissen der Gewerbtreibenden zu den anderen Ständen und der Arbeiter gegen ihre Lohnherren musste erst Wandel geschaffen, besonders aber musste das vom Alterthum her überkommene Joch der unfreien Arbeit von ihren Schultern genommen werden. Im 12. Jahrhundert, als Papst Alexander III. vor der gesammten Christenheit die denkwürdigen Worte sprach: „Die Natur hat alle Menschen frei geschaffen, darum ist Niemand von Natur der Sklaverei unterworfen!“, da war unter hartem Kämpfen und Ringen das Gewollte und Gewünschte im Wesentlichen erreicht. Alle Stände hatten ihre persönliche Freiheit errungen und die von den Gewerbtreibenden im Drange der Zeit geschlossenen, von den Machthabern erst widerwillig angesehenen Verbindungen erhielten als „Zünfte“ gesetzliche Anerkennung. Damit hing das Aufblühen der grossen Städte Deutschlands und ihrer Industrie eng zusammen. —

Bis zum 15. Jahrhundert befand sich das deutsche Eisenhüttenwesen im grossen Ganzen noch auf dem Standpunkte des Alterthums, insofern als man Eisen und Stahl nur unmittelbar aus den Erzen erzeugte. Im Laufe

*) Redner unterstützte seinen Vortrag durch Vorführung grosser Projektionsbilder mit Hilfe eines elektrischen Scioptikons.

des 15. Jahrhunderts wurden aber die Grundlagen der heutigen Eisengewinnung geschaffen. Das sind 1. die Roheisen-Darstellung im Hochofen; 2. die mittelbare Darstellung von Eisen und Stahl aus dem Roheisen und 3. die Herstellung von Gusseisen durch Umschmelzen und Giessen des Roheisens.

Diese bedeutsamen Neuerungen im Eisenhüttenwesen fielen in ein denkwürdiges Jahrhundert, das auf allen Gebieten der menschlichen Thätigkeit die Vorboten einer neuen Zeit verspüren liess. Die unter den Trümmern des römischen Weltreiches und den Schrecken der Völkerwanderung begrabenen Künste und Wissenschaften lebten wieder auf; Handel und Verkehr lenkten in ruhigere verheissungsvolle Bahnen. Und nichts erscheint natürlicher, als dass die ersten Anregungen hierzu von den Gestaden des Mittelmeers ausgingen, die gleichsam mit der Kultur des Alterthums gedüngt waren.

Italien war das erstreife Land Europas; in seinen reichen und mächtigen Seestädten, den ersten Mittelpunkten des Weltverkehrs, wurde nach 1000jährigem Darniederliegen die klassische Kunst wiedergeboren; auf seinem Boden entstanden (im 13. Jahrhundert) die ersten Pflanzstätten der Wissenschaft, die Universitäten, von denen aus sich bald ein Strom von Licht und Wahrheit über ganz Europa ergoss, wie sehr auch der finstere Aberglaube des Mittelalters sich dagegen wehrte.

Unter der Reihe von grossen Männern der Kunst und Wissenschaft, die in jener vielbewegten Zeit in Italien glänzten, nenne ich Ihnen nur einen Einzigen. Sein Name und seine Werke füllen aber eine ganze Epoche. Es ist Galileo Galilei, der grosse Mathematiker und Astronom (geboren 1564, gestorben 1642). Galilei schuf ein neues Gebiet der Mechanik, die Dynamik, und wir Ingenieure haben ihn besonders noch zu ehren, einerseits als Verbesserer der Statik, die seit der Zeit des Archimedes keine Bereicherung erfahren hatte, und anderseits als den Begründer der Statik der Baukonstruktionen. Denn Galilei war der Erste, der praktische Festigkeits-Versuche machte, und von ihm haben wir auch die erste Theorie der Bruchfestigkeit.

Selbst zu Galilei's Zeiten hatten die exakten Wissenschaften mit scholastischen, mystischen und dogmatischen Vorurtheilen noch schwer zu kämpfen. Bezeichnend dafür ist der berühmte Brief Galilei's an seinen grossen Geistesverwandten Kepler, worin er sagt: „Du bist beinahe der Einzige, der meinen Angaben vollen Glauben beimisst. Als ich den Professoren zu Florenz die vier Jupitermonde durch mein Fernrohr zeigen wollte, wollten sie weder diese,

noch das Fernrohr sehen; sie verschlossen ihre Augen vor dem Lichte der Wahrheit!“

Was half aber alles Augenverschliessen? Die Wahrheit durchdrang trotz alledem siegreich das Dunkel der damaligen Zeit, und als dann den erstaunten Völkern Europas jenseits der Fluthen des grossen Ozeans sich eine neuentdeckte Wunderwelt offenbarte, da waren die Schleusen des Fortschrittes auf allen Gebieten der menschlichen Thätigkeit unaufhaltsam eröffnet.

Unter den mannigfachen befreienden Einflüssen der neuen Zeit beschleunigte sich auch das Tempo in den Fortschritten der technischen Wissenschaften.

Während z. B. zwischen Archimedes und Galilei zwei Jahrtausende liegen, trennt die Grundlegung der Dynamik durch Galilei und die Krönung des Gesamtgebäudes der heutigen theoretischen Mechanik durch die Geistesheroen Huyghens, Newton sammt ihrem Gefolge, nur ein einziges Jahrhundert. Was nach Newton in der Mechanik noch geleistet worden ist, bezieht sich wesentlich nur auf Ausbildung und Formulirung bekannter Grundsätze. Und wiederum nur 100 Jahre später — im Jahre 1788, also im Beginn des eisernen Jahrhunderts — erschien die analytische Mechanik des französischen Meisters Lagrange, worin dieser, im Gegensatze zu Newton, der seine Sätze meist aus geometrischen Figuren herleitete, nicht eine einzige Figur gab, vielmehr alle Beweise, rein analytisch, mit wenig Mitteln in Formeln auszudrücken suchte.

Bis zum Ende des 18. Jahrhunderts waren also so die Grundlagen unserer heutigen theoretischen Mechanik geschaffen, und bis dahin hatte namentlich die Entdeckung Amerikas und der neuen Seewege auch jenen überraschenden Umschwung in den politischen und wirthschaftlichen Verhältnissen Europas vollzogen, der dem Zeitalter des Dampfes, des Eisens und der Eisenbahnen voraufgegangen ist.

Das Mittelmeer, bis dahin der Tummelplatz aller Nationen, musste nun mehr und mehr vereinsamen. An seine Stelle trat der atlantische Ozean, dessen Küstenländer Spanien, Frankreich, Holland und England im 16. und 17. Jahrhundert nacheinander in den Vordergrund traten und, miteinander wetteifernd, dem Gipfel ihrer politischen Machtentwicklung zustrebten, Spanien allein ausgenommen, dessen wirthschaftliche Trägheit es, trotz der Ueberfülle des Goldes und der Kostbarkeiten seiner Kolonien, dem Niedergange entgegenführte.

Italien und Deutschland haben unter der erwähnten Umwälzung — Deutschland hauptsächlich auch noch durch die Folgen des dreissigjährigen Krieges — zu leiden gehabt und ihre einstigen führenden Stellungen allmählich ein-

gebüsst. Darin liegt auch zum grossen Theile mit der Grund, warum die tonangebenden Männer der Wissenschaft und Technik, die vom 17. Jahrhundert ab das Zeitalter des Dampfes und der Eisenbahnen vorbereiteten, in erster Linie Franzosen und Engländer sind.

Die französischen bauwissenschaftlichen Bestrebungen darf man auf die Glanzzeit Frankreichs zurückführen unter Ludwig XIV., dessen genialer Finanzmann Colbert technischen Dingen grosses Verständniss entgegenbrachte. Colbert gründete im Jahre 1666 die Akademie der Wissenschaften und 1671 die Akademie der Baukunst in Paris. So wurde den französischen Ingenieuren frühe Gelegenheit geboten, auch die wissenschaftliche Seite des Faches auszubilden, was ihrer damaligen grossen Praxis im Kanal- und Strassenbau sehr zu Statte kam. Namentlich im Bau steinerner Brücken bildete sich bald eine mustergültige französische Schule heraus, die 100 Jahre später unter Perronet (geb. 1708, gestorben 1794) ihre grössten Triumphe gefeiert hat.

Gegen Ende des 18. Jahrhunderts, im Jahre 1791, erfolgte dann die Gründung der Zentralschule der öffentlichen Arbeiten, die drei Jahre später den Namen „Polytechnische Schule“ erhielt. Dieser ersten polytechnischen Schule der Welt folgten 1799 die Königliche Bauakademie in Berlin — unter der Leitung Eytelwein's, des ausgezeichneten Ingenieurs und Theoretikers — und 1806 und 1815 die „Polytechnischen Institute“ in Prag und Wien.

Unter den Schülern der ersten beiden Jahrzehnte der Pariser Polytechnischen Schule ragen Navier, Coriolis und Poncelet hervor, ein Dreigestirn französischer Ingenieure, dem das 19. Jahrhundert die grundlegenden Lehren in der Anwendung der theoretischen Mechanik auf das Bau- und Maschinenwesen verdankt. Den Bauingenieurwissenschaften am nächsten steht Navier. Wir haben ihn als den Begründer der Baumechanik des 19. Jahrhunderts anzusehen, denn sein im Jahre 1826 herausgegebenes Werk über die „Mechanik der Baukunst“ ist die erste wissenschaftliche Bearbeitung der gesamten Baumechanik. Ihm war es auch vorbehalten, das Problem der Biegezugfestigkeit in entscheidender Form zu lösen, was den Gelehrten früherer Jahrhunderte von Galilei an bis auf Bernouilli und Euler nicht völlig gelungen war.

Während dergestalt in Europa die wissenschaftlichen Bestrebungen in der Technik von Erfolg begleitet waren, vollzogen sich in England kulturgeschichtliche Ereignisse auf dem praktischen Felde der Technik. Sie wurden eingeleitet, im Beginne des 18. Jahrhunderts, durch die Einführung der Steinkohle im Eisenhüttenwesen, eine Be-

gebenheit von weittragender wirtschaftlicher Bedeutung, denn die vorherige ausschliessliche Benutzung der Holzkohle hatte, bei dem mehr und mehr steigenden Bedarf an Eisen, bereits eine wahre Wälderverwüstung herbeigeführt.

Sehr bald — im Jahre 1735 — folgte dann die erstmalige Verwendung von verkokter Steinkohle im Betriebe der Hochöfen von Coalbrook Dale.

Damit war eine grosse That vollbracht, die einen Markstein in der Geschichte des Eisens bedeutet, denn die Kokes-Hochöfen, in denen man grössere und gleichmässige Hitze und in Folge dessen auch billigeres und besseres Roheisen erzeugen konnte, als früher, vermehrten sich zusehends, und ihr Erzeugniss — das Gusseisen — fing nun an, sich als Konstruktionsmaterial Geltung zu verschaffen.

Das Gusseisen war ein vorzügliches Material für die Einkleidung der weltbewegenden Ideen von James Watt. Die ersten Dampfkessel waren von Gusseisen; die Dampfcylinder sind es ja noch heute. In kurzer Zeit hatte das Gusseisen seinen Hauptnebenbuhler, das Holz, im Maschinenbau und auf anderen Gebieten verdrängt.

In dem weltberühmten Werke von Coalbrook Dale goss der Hüttenmeister Reynolds im Jahre 1767 die erste brauchbare Schiene für die Pferde-Kohlenbahnen des eigenen Werkes, und drei Jahre später goss man dort die Gusseisenstücke für die erste feste eiserne Brücke der Welt. Das war die Bogenbrücke über den Severn bei Coalbrook Dale, aufgebaut in den Jahren 1776—1779, mit einer Oeffnung von etwa 31 m Weite. —

Das 18. Jahrhundert sollte aber nicht zu Ende gehen, ohne noch Erfindungen im Eisenhüttenwesen zu zeitigen, die für die Technik des 19. Jahrhunderts von epochemachender Bedeutung geworden sind. Ich meine die Erfindungen des Puddelofens zum Zwecke der Eisendarstellung und die Einführung der Furchen- oder Kaliberwalzen durch Henry Cort im Jahre 1784. Sie bahnten die Massendarstellung des Eisens an; sie schafften dem 19. Jahrhundert jenen ausgezeichneten bildungsfähigen Baustoff — das Puddelleisen oder das Schweisseisen, wie wir es heute nennen —, das die werdenden Eisenbahnen mit ihren zahlreichen Eisenkonstruktionen bald in Unmassen verschlangen, und nicht zum mindesten darunter die eisernen Brücken.

So sehen wir denn gegen Ende des 18. Jahrhunderts die Grundpfeiler der Technik des Baues eiserner Brücken, ja man darf wohl sagen, der gesamten Bautechnik dem von langer Hand her dazu vorbereiteten Boden entwachsen. Die von den Leuchten der mathematischen Wissenschaften Galilei, Huyghens, Newton und ihrer Gefolgschaft aus-

gestreute Saat war aufgegangen; die Dampfkraft hatte im Bergbau, im Hüttenwesen und auch bei der Seefahrt neues Leben entfacht; das Eisen hatte im Bereiche der Baukonstruktionen seine Herrschaft angetreten, wovon zuerst die entstehenden gusseisernen Bogenbrücken und auch die von Amerika nach Europa eingeführten schweisseisernen Hängebrücken Zeugniß ablegten.

II.

Stein, Holz und Eisen traten nun im Brückenbau miteinander in regen Wettbewerb. Dabei zeigte es sich bald, dass die Natur den älteren Baustoffen eine Grenze der Spannweite gesteckt hat, über welche hinaus sie im Wettbewerb mit dem Eisen nicht mehr bestehen können. Das schwerfälligste, aber auch das solideste Material, der Stein, ist in römischen Zeiten für Gewölbe bis etwa 25 *m* Weite verwendet worden, im Mittelalter erreichte man etwa 50 *m* und in der neuesten Zeit ist man — allerdings nur in seltenen Fällen — auf etwa 70 *m* Spannweite gekommen.

Viel grössere Weiten hat man auch in Gusseisen nicht überspannt, das übrigens in seinen Festigkeits-Eigenschaften ein dem Steine nicht unähnliches Verhalten zeigt. Man hat beim Bau gusseiserner Bogenbrücken die Weite von 73 *m* erreicht. So weit gespannt sind die Oeffnungen der 1814 von Rennie erbauten Southwark-Brücke über die Themse in London, die ich Ihnen hier im Bilde vorführe. Im Hintergrunde sehen Sie die mächtig aufragende Kuppel von St. Pauls.

Im Bau hölzerner Brücken brachte man es bis zum Beginn des gegenwärtigen Jahrhunderts auf 120 *m* Weite. Bedeutend grössere Oeffnungen — bis über 500 *m* — hat man aber durch schweisseiserne oder stählerne Brücken frei überspannt.

Die ersten weitgespannten eisernen Brücken waren Hängebrücken, und deren älteste Gattung, die Kettenbrücke, stammt aus dem Jahre 1796.

Kettenbrücken gelten aber heute als veraltet und sehr viele von ihnen haben ihrer Gebrechlichkeit wegen längst abgetragen werden müssen.

Ich führe Ihnen im Bilde die weitestgespannte Kettenbrücke der Welt vor, die 214 *m* weite Clifton-Brücke über den Avon bei Bristol. Das Bauwerk ist noch besonders bemerkenswerth dadurch, dass es nach Brunel's Entwurf schon 1840 in Angriff genommen, aber erst in den Jahren 1862—64 mit den Ketten der abgebrochenen Charing-Cross-Brücke in London vollendet worden ist.

Angesichts des damaligen unsicheren Zustandes der schweisseisernen Hängebrücken hätte der Bau gusseiserner Bogenbrücken wohl noch einen Aufschwung erfahren, wenn

nicht schon im 5. Jahrzehnt eine besondere Begebenheit alle derartigen Pläne und Entwürfe mit einem Male beiseitigt hätte. Dies Ereigniss, dem in den Blättern der Geschichte des Brückenbaues für immer ein ruhmvolles Gedenken gewahrt bleiben wird, war die Erbauung der grossen Brücken über die Menai-Meerenge und die Conway-Bucht in der Eisenbahnlinie Chester-Holyhead durch Robert Stephenson, den Sohn des genialen Eisenbahners George Stephenson.

Stephenson standen beim Bau keinerlei Vorbilder als Muster zur Seite. Die grösste bei gusseisernen Bogenbrücken erreichte Weite war, wie gesagt, 73 *m*, und hier handelte es sich um eine nahezu doppelt so weite Oeffnung. Im Hängebrückenbau hatten englische Ingenieure damals allerdings schon grössere Oeffnungen überspannt (nämlich 203 *m* bei der von Clark erbauten Kettenbrücke über die Donau in Pesth), aber alle diese Hängebrücken dienten ausschliesslich nur dem Strassenverkehr; ihre Konstruktion war eine schwankende und bot für eine Eisenbahnbrücke nicht die ausreichende Steifigkeit. Stephenson liess deshalb nacheinander zwei Entwürfe, für eine gusseiserne Bogenbrücke und eine schweisseiserne Hängebrücke, fallen und wendete sich dem Plane einer schweisseisernen Balkenbrücke zu. Deren Träger sollten im Querschnitt einen geschlossenen Kasten bilden, von so grossen Abmessungen, um einen ganzen Eisenbahnzug durchzulassen. Aber auch hierbei galt es für ihn, Ausserordentliches zu schaffen, da man Blechbrücken mit Kastenträgern damals nur bis etwa 30 *m* Weite gebaut hatte.

In weiser Voraussicht der dabei zu überwindenden Schwierigkeiten verband er sich deshalb mit den Ingenieuren Fairbairn und Hodgkinson, von denen der erste Fabrikant, also Praktiker, der letzte mehr Theoretiker war. Unter Hodgkinson's Leitung wurden umfassende Versuche angestellt, um die günstigste Querschnittsform der geschlossenen Röhre oder des Kastens ausfindig zu machen.

Bei diesen Versuchen, die der bauenden Eisenbahngesellschaft über 130 000 *M* gekostet haben, erwies sich die Rechteckform des Querschnittes als die vorteilhafteste gegenüber dem Kreis und der Ellipse. Vor Allem aber zeigten sich bei den Bruchversuchen die Festigkeits-Eigenschaften des Schweisseisens im Vergleich zu dem Gusseisen in glänzend vorteilhaftem Lichte.

Sie sehen hier die Schöpfung Stephenson's, die erste weitgespannte Balkenbrücke der Welt, die Menai-Brücke, im Bilde. Die Stützweite ihrer beiden Mittelloffnungen beträgt je 142 *m*. Sie erhielt bei ihrer Eröffnung den Namen Britannia-Brücke, weil einer ihrer Mittel-

pfeiler auf dem Britanniafelsen der Menaistrasse gegründet ist. Ihr Grundstein wurde gelegt im September 1846, und den letzten Stein verlegte Robert Stephenson selbst im Juni 1849.

Ein Bauwerk, das in baugeschichtlicher Hinsicht und für die damalige Zeit auch an Kühnheit der Konstruktion sich ebenbürtig der Britannia-Brücke zur Seite stellen darf, ist die alte Weichselbrücke in Dirschau in der Eisenbahnlinie Berlin-Königsberg. Die Vorarbeiten zu ihrer Erbauung fallen in die Zeit von 1844—48, also in die Zeit der Ausführung der Britannia-Brücke. Der Erbauer der Weichselbrücke, der damalige preussische Wasserbauinspektor Lentze, hatte zuerst eine Hängebrücke von fünf gleichen Öffnungen, je von 158 m Weite, geplant, weil nach seinen eigenen Worten damals eine Hängebrücke „für eine grosse Brückenöffnung das allein Erprobte war“.

Glücklicherweise — darf man wohl sagen — unterbrachen die politischen Ereignisse des Jahres 1848 den Bau, und Lentze erhielt dadurch Gelegenheit und Musse, die Britannia-Brücke an Ort und Stelle zu studiren. Er sah die folgenreiche Bedeutung des durch die glückliche Vollendung der Britannia-Brücke für den Balkenbrückenbau gegebenen Beispiels klar vor Augen. Dementsprechend liess er seinen Entwurf der Hängebrücke fallen und entschied sich für den Bau einer festen Balkenbrücke, ohne aber die geschlossene Kastengestalt der Britannia-Brücke nachzuahmen. Lentze hielt eine Brücke mit gitterartig ausgebildeten Trägerwänden mit Recht für vorthellhafter.

Eine solche Gitterbrücke ist denn auch zur Ausführung gekommen, mit fünf gleichen Öffnungen von 131 m Stützweite. Am 12. Oktober 1857 passirte der erste Eisenbahnzug die Brücke.

Die alte Dirschauer Gitterbrücke — Sie sehen im Bilde ein Stück ihrer Trägerwände, daneben (im Bau begriffen) die 1892 vollendete neue Dirschauer Brücke — zeigt in ihren konstruktiven Einzelheiten wesentliche Fortschritte gegenüber ihren Vorläufern kleinerer Spannweite. Während diese gänzlich unversteifte Tragwände mit durchweg gleich starken Gurtungen und Gitterstäben erhielten, sind bei der Dirschauer Brücke die Stärken ihrer offenen, zellenartigen Gurte, sowie auch die Abmessungen der Gitterstäbe den zugehörigen Spannkraften nach den Theorien von Schwedler und Culmann, die gleichzeitig im Jahre 1851 erschienen sind, angepasst worden. Auch wurden die Gitterwände durch Winkelleisenständer in sachgemässer Weise versteift.

Die alte Dirschauer Brücke ist ein Meisterstück der Brückenbaukunst. In ihr haben Theorie und Praxis der damaligen Zeit Vollendetes geleistet. Die alte Dirschauer

Brücke ist aber auch die erste Brücke der Welt, deren Bedeutung durch eine würdevolle äussere architektonische Erscheinung gebührend zum Ausdruck gebracht worden ist.

Ihre 26 m hohen Endportale, die Sie im Bilde hier links neben den Portalen der neuen Weichselbrücke sehen, haben künstlerischen Bilderschmuck erhalten.

Das von Professor Bläser herrührende Relief des Westportales zeigt die Eröffnung der Brücke durch den König Friedrich Wilhelm IV. Links vom Könige, der zu Pferde sitzt, erkennt man zunächst den sich dem Volke zuwendenden Prinzen Wilhelm (unseren nachmaligen Heldenkaiser Wilhelm I.); dann im Hintergrunde Prinz Albrecht, vor ihm Prinz Karl und am weitesten links Prinz Friedrich Wilhelm (nachmaliger Kaiser Friedrich III.). Rechts im Hintergrunde, neben dem Minister v. d. Heydt, der eine einladende Handbewegung macht, steht der Erbauer, der Geh. Ober-Baurath Lentze, mit dem Plane in der Hand.

Das Bild des östlichen Einganges (von Professor Schievelbein) stellt einen Vorgang aus der Glanzzeit des Ordensstaates unter dem Hochmeister Winrich von Kniprode dar. Hoch zu Ross hält der grosse Hochmeister, unter seinem Schilde verkünden Priester den alten Preussen das Christenthum, während der gefangene Littauerfürst Keistut mit gefesselten Armen ohnmächtig dem verhassten Treiben zuschaut.

Der dritte, in die nämliche Entwicklungsstufe des Brückenbaues fallende bedeutsame Bau ist die in den Jahren 1854—59 von Brunel errichtete Saltash-Brücke über den Tamar bei Plymouth in der Cornish-Eisenbahn. Sie erkennen den grossartigen Eindruck dieses Bauwerkes aus dem Bilde. In kühner Weise schwingen sich die gusseisernen röhrenförmigen Obergurte in einer Spannung von 139 m Weite von Pfeiler zu Pfeiler. Zwischen ihnen und den kettenartigen Untergurten fügt sich ein weitmaschiges Felderwerk. Es ist das also eine von der Gestalt der Britannia-Brücke und der Weichselbrücke grundverschiedene Trägeranordnung. Zum ersten Male erscheinen hier gekrümmte Ober- und Untergurte und die Füllung der Wand ist weitmaschig, während die Träger der Britannia-Brücke eine volle Blechwand und diejenigen der Weichselbrücke engmaschiges Gitterwerk zeigen.

Wie die Britannia-Brücke, so stehen auch die Weichsel- und Saltash-Brücke, einzig in ihrer Art, als denkwürdige Wahrzeichen auf der Wende der älteren und neuen Zeit. Die ältere Zeit kannte nur weitgespannte Hängebrücken, diese sind aber in der neueren Zeit durch die Balkenbrücken fast ganz in den Hintergrund gedrängt worden.

Der Aufschwung im Bau der Balkenbrücken fällt in jene Jahrzehnte des gegenwärtigen Jahrhunderts, denen

die beginnende Ausbreitung und Verdichtung des Eisenbahnnetzes, wie auf allen Gebieten des geistigen und materiellen Lebens, so besonders auch in den Eisengewerben eine Umwälzung herbeigeführt hat, die eigentlich heutigen Tages noch nicht ganz zu Ende gekommen ist. Immer wieder musste die Technik neue Verfahren und Verbesserungen ersinnen, um die Eisenbahnen in den Stand zu setzen, den stets sich steigenden Verkehrs-Anforderungen folgen zu können.

Die Darstellung des Schweisseisens im Puddelofen und das Walzverfahren, von England aus nach und nach auf das Festland übertragen, machten in Folge dessen grosse Fortschritte. Man lernte bald, ausser Blechen, Winkeln und Schienen, allerlei andere Formeisen walzen, die namentlich für den Bau der Balkenbrücken verlangt wurden, da die älteren Blech- und Kastenträger Schritt für Schritt in die heutigen Träger mit regelrecht gegliederter Wand umgeformt wurden. Dabei kam das Gusseisen, beschleunigt durch die Schreckenseindrücke zahlreicher, in Folge von schadhaften Gusseisentheilen herbeigeführten Brückeneinstürze im europäischen Brückenbau gänzlich in Verruf. Das Puddel- oder Schweisseisen erlangte die unbeschränkte Herrschaft, und die theoretischen Grundlagen des Brückenbaues erfuhren dabei eine solche Vertiefung und Erweiterung, dass man vom 7. Jahrzehnte ab auch vor den schwierigsten Aufgaben nicht mehr zurück zu schrecken brauchte.

Die Ausbildung der Theorie der Brückensysteme ist vor Allem deutschen Männern zu danken, wie Mohnié, Henz, Hartwich, Culmann, Schwedler, Mohr, Winkler und Anderen. Den Namen Culmann habe ich noch besonders hervorzuheben, weil das Werden und Gedeihen eines der neuesten und wichtigsten Zweige der Statik der Baukonstruktionen eng damit verknüpft ist. Culmann (geb. 1821, vom Jahre 1854 ab bis zu seinem 1881 erfolgten Tode Professor an der Technischen Hochschule in Zürich) ist der Schöpfer der „Grafischen Statik“. Diesen Titel trug sein umfassendes Werk über diesen Gegenstand, das im Jahre 1866 erschien und Anstoss dazu gegeben hat, dass neben der früheren vorwiegend analytischen Behandlung der Ingenieur-Probleme nunmehr auch die grafischen Methoden als ebenbürtig gelten.

III.

Es wäre vermessen von mir, wenn ich es auch nur versuchen wollte, Ihnen ein Bild der Gesamt-Erscheinungen des Baues der neueren eisernen Brücken in dem Rahmen eines kurzen Vortrages zu bieten. Ich beschränke mich deshalb darauf, einzelne bedeutende Bauwerke der Neuzeit

länderweise heraus zu greifen, sie Ihnen im Bilde vorzuführen und daran einige allgemeine Bemerkungen zu knüpfen.

Ich beginne mit England. England tritt nach seinem gewaltigen Anlaufe im 5. und 6. Jahrzehnte vom Schauplatz weitgespannter eiserner Brücken fast ganz zurück. Es ist im 7. und 8. Jahrzehnt allein durch einige Hängebrücken vertreten, von denen ich Ihnen drei Londoner Themsebrücken im Bilde vorführe.

Zuerst, ihrer geschichtlichen Bedeutung wegen, die Lambeth-Drahtkabel-Brücke, mit 85 *m* Weite der Mittelloffnung, 1862 von Barlow erbaut. Sie ist die erste Hängebrücke der Welt, deren Tragwand zwischen dem Drahtkabel und der Fahrbahn durch Gitterwerk versteift wird. Es ist dies eine Bauart, die in allerneuester Zeit, z. B. in den Wettbewerben um den Bau einer Donaubrücke in Budapest und um eine Rheinbrücke in Bonn, sich auch in Deutschland mehr Geltung als bisher zu verschaffen sucht.

Zweitens die Chelsea-Kettenbrücke, mit 106 *m* Weite der Mittelloffnung, von Page 1855—57 erbaut und im Jahre 1882 verstärkt. In architektonischer Hinsicht ein sehr wirkungsvoller Bau.

Drittens die Albert-Kettenbrücke, mit 122 *m* Weite der Mittelloffnung, 1870—73 gebaut, nach dem System von Ordish-Lefevre. Es giebt noch eine grössere Brücke der gleichen Bauart, die Franz-Joseph-Brücke über die Moldau in Prag, mit 147 *m* Weite. Das System ist wegen unzureichender Steifigkeit mit Recht als unzweckmässig verurtheilt.

Im Uebrigen setzte England die gesammte Welt zuweilen nur noch durch eine kühne Erstlingsthat in Erstaunen, so namentlich in den Jahren 1883—90 durch den Bau der Eisenbahnbrücke über den Firth of Forth bei Queensferry in Schottland, deren Spannweite mit 521 *m* bis jetzt in der Welt unerreicht geblieben ist. Diese Brücke veranschaulicht zuerst in grossartigem Maassstabe eine besondere Art der Balkenbrücken, Auslegerbrücken (Cantilever-Brücken) genannt, die hauptsächlich für sehr grosse Weiten am Platze sind. Die Ausleger sind mit den Pfeilern fest verbunden und tragen an ihren Enden durch Gelenklager die Mittelträger. Diese sind bei der Forthbrücke nicht weniger als 107 *m* lang.

Frankreich glänzt hauptsächlich durch einige sehr kühne schweisseiserne Bogenbrücken und in der neuesten Zeit durch viele Drahtbrücken eigenartiger Anordnung.

Als Beispiel für die französische Bauart führe ich Ihnen die Bogenbrücke Luiz I. über den Duero bei Porto vor, für zwei Strassen von der belgischen Gesellschaft Willebroek in den Jahren 1881—85 erbaut. Sie besitzt

172 *m* Weite der Hauptöffnung und ist zur Zeit, ihrer Weite nach, die grösste Bogenbrücke der Welt, obwohl augenblicklich noch eine andere französische Bogenbrücke, die Thalbrücke über den Vaurfluss, in der Ausführung begriffen ist, deren Mittelöffnung nicht weniger als 250 *m* Weite erhalten soll.

Die französischen Neuerungen im Bau der Hängebrücken sind zum Theil von Amerika übernommen, in Frankreich aber eigenartig weitergebildet worden. Man verwendet in Frankreich nicht wie in Amerika Kabel von grösserem Querschnitte, sondern mehrere dünne Drahtseile, gewöhnlich 4—5 Stück, die auf einem wagerechten Stege nebeneinander liegen in der Art, dass jedes Seil für sich fortgenommen und nöthigenfalls durch ein neues ersetzt werden kann, ohne den Betrieb der Brücke zu stören.

Ich begnüge mich damit, die französischen Drahtbrücken durch ein Beispiel zu illustriren. Es ist die Brücke du Midi über die Saône in Lyon mit 121 *m* Spannweite. Zur Versteifung der Tragwände dienen im Wesentlichen die schweren eisernen Balkenfahrbahnen mit stark gebauten eisernen Geländern und die geraden Hilfsseile, die schräg von den Pfeilern auslaufen und einen Theil der Fahrbahn mit tragen helfen.

Aus Oesterreich-Ungarn, Italien und der Schweiz sowie namentlich auch aus Holland könnte ich eine grosse Reihe von vorzüglich konstruirten Eisenbrücken vorführen. Ich wähle aber unter der grossen Zahl aus jedem der vier Länder nur das weitestgespannte Bauwerk aus.

In Oesterreich-Ungarn ist das die 1882—84 erbaute Trisana-Thalbrücke der Arlberg-Bahn bei Innsbruck, 86 *m* hoch über der Thalsole. Ihre Träger zeigen die sogen. Halbparabelform, die für grosse Balkenbrücken zuerst in Holland aufgekommen ist.

Ihrer Lage und äusseren Erscheinung nach wohl eine der schönsten Bogenbrücken der Welt ist die 1881—82 erbaute Schwarzwasser-Bogenbrücke in der Strasse von Bern nach Schwarzenberg, mit einer Weite von 114 *m*.

Die bedeutendste Brücke Italiens ist ebenfalls eine Bogenbrücke, die 1888—89 erbaute Brücke über das Adda-Thal bei Paderno, mit 150 *m* Spannweite.

Die Eisenbahnbrücke über den Leck bei Kuilenburg in der Linie Utrecht-Kuilenburg stammt schon aus den Jahren 1867—68. Sie ist mit 154 *m* Weite ihrer grossen Oeffnung die weitestgespannte einfache Balkenbrücke Europas. Holland weist noch mehrere derartige Brücken auf, deren Trägerumrisse, wie bei der Leckbrücke, zum ersten Male in grösserem Maasstabe die sogen. Halbparabelgestalt zum Ausdruck gebracht haben, die späterhin sehr in Aufnahme gekommen ist.

Auch haben einige dieser holländischen Eisenbahnbrücken eine besondere geschichtliche Bedeutung dadurch erlangt, dass bei ihnen zuerst versucht worden ist, den Stahl als Brückenbaumaterial zu verwerthen. Um diese wichtige Begebenheit in das rechte Licht zu stellen, muss ich mit einigen Worten zunächst der grossen Umwälzungen im Eisenhüttenwesen gedenken, die sich im 6. Jahrzehnte vorbereiteten, im 7. Jahrzehnt alle eisenerzeugenden Länder der Welt in Bewegung setzten und deren Wellen sich bis heute noch nicht ganz beruhigt haben.

Die mit der Ausbreitung und Verdichtung des Eisenbahnnetzes der Erde sich stark steigernden Anforderungen an die Leistungen des Eisenbahnbetriebes sind es hauptsächlich gewesen, die dahin gedrängt haben, anstatt des Eisens den Stahl als Konstruktionsmaterial einzuführen. Bis zur Mitte des 6. Jahrzehntes standen für die Stahldarstellung aber nur der Tiegel, der Herd und der Puddelofen zur Verfügung.

Da trat im Juli 1855 der jetzt noch lebende Henry Bessemer mit seiner einfachen und grossartigen Idee der Stahlbereitung auf, die in allen eisengewerblichen Kreisen ungeheures Aufsehen erregte.

Wie Sie Alle wissen, benutzt man beim Bessemerverfahren eiserne, mit feuerfesten Steinen ausgefütterte und um Zapfen drehbare Gefässe, Konverter oder Birnen genannt, in die von unten her, durch ihren Boden, atmosphärische Luft unter hohem Druck eingeblasen werden kann. Eine solche Birne ist das geborene Gefäss für die heutige Massenerzeugung. In nicht mehr als 20 Minuten kann man darin durch die Wirkung des Sauerstoffes der eingeblasenen Luft eine flüssige Roheisenmasse von 10—15 Tonnen bis zu Stahl entkohlen.

Es ist natürlich, dass man das neue Bessemermetall auch im Brückenbau bald zu verwerthen suchte. Darin sind die Holländer im Jahre 1866 voraufgegangen, haben aber schlechte Erfolge erzielt, und zwar deshalb, weil das harte Bessemermetall, seiner Ungleichmässigkeit und Sprödigkeit wegen, überhaupt ein wenig geeigneter Brückenbaustoff ist.

Eine andere Stahlsorte, die im Jahre 1865 in Frankreich aufkam, hat im Brückenbau mehr Erfolg gehabt, als das Bessemermetall. Es ist dies der Martinstahl, nach seinem Erfinder, dem Franzosen Martin, so genannt. Der Martinstahl wird in einem Flammofen dargestellt, unter Anwendung der Friedrich Siemens'schen Gasfeuerung. Man nennt deshalb das Verfahren auch wohl das Martin-Siemens-Verfahren.

Der Martinstahl hat den Bessemerstahl auf dem Gebiete der Baukonstruktionen sehr bald zu verdrängen an-

gefangen, besonders im Schiffsbau. Im Brückenbau und auf den übrigen Gebieten der Baukonstruktionen hat man aber noch im 8. Jahrzehnt mit dem Martinmetalle so gut wie gar keine Versuche zu machen gewagt. In Europa wagte man dies nicht, weil dort seit Bekanntwerden der schlechten Erfolge mit dem Bessemermetalle bei den holländischen Brücken in weiten Kreisen ein starkes Misstrauen gegen den Bessemer- und Martin Stahl vorwaltete, oder allgemeiner ausgedrückt, gegen alle im flüssigen Zustande erzeugten Stahlsorten, die wir heute Flussstahl nennen.

Der schlimmste Feind des im flüssigen Zustande erzeugten Stahles — des Flussstahles — ist der Phosphor. Dieser musste erst besiegt und gänzlich aus dem Flussmetalle beseitigt werden, ehe das Vertrauen zu dem neuen Baustoffe sich festigen konnte. Die gefährlichen Eigenschaften des Phosphors hat man erst so recht kennen gelernt, nachdem man mehr Stahl zu Baukonstruktionen verwendete. Denn die schädlichen Wirkungen des Phosphors, die sich in der hohen Sprödigkeit und leichten Brüchigkeit des damit behafteten Eisens offenbaren, nehmen mit dem Gehalte des Metalles an Kohlenstoff zu. Sie sind also in kohlenstoffreichem Eisen, dem Stahle, am fühlbarsten.

Im Jahre 1877 glückte es dem Engländer Thomas, die schwierige Aufgabe der Entphosphorung des Flussmetalls in der Bessemerbirne zu lösen, im Wesentlichen dadurch, dass es ihm gelang, die zur Ausfütterung der Bessemerbirne nothwendigen feuerfesten Steine aus einem dauerhaften Stoffe herzustellen, der basische Eigenschaften besitzt.

Durch das Verfahren der Entphosphorung, das in neuester Zeit auch im Martinofen mit Erfolg geübt wird, ist es möglich geworden, ein sehr reines, zähes Flussmetall zu erzeugen, das grosse Gleichmässigkeit und Zuverlässigkeit besitzt. Namentlich die nur sehr wenig Kohlenstoff haltenden weichen Sorten dieses Metalles zeigen überraschend hohe Elastizität und Dehnbarkeit. Wir nennen diese weichen Sorten „Flusseisen“, womit angedeutet werden soll, dass das Erzeugniss ein im flüssigen Zustande dargestelltes Eisen ist, im Gegensatz zu dem im teigigen Zustande erzeugten Puddel- oder Schweisseisen.

Wie alles Neue, so hat auch das Flusseisen in unserer raschlebigen, aber auch scharf abwägenden Zeit harte Kämpfe bestehen müssen, ehe die Thatsache seiner Vorzüglichkeit allgemein anerkannt werden konnte. Ehe aber das Flusseisen in das Allerheiligste der Eisenkonstruktionen, in das Brückenbaugewerbe, Einlass erhalten hat, haben in engeren technischen Kreisen förmliche Meinungskriege durchgefochten werden müssen. Diese Schlachten sind aber

heute geschlagen. Das basische Flussmetall — also das nach dem Thomasverfahren in der Birne oder im Flammofen entphosphorte Flussmetall — hat sich siegreich Bahn gebrochen, und das Schweisseisen muss ihm, nach nun fast hundertjähriger Alleinherrschaft, langsam Platz machen.

Und das Erfreulichste für uns Deutsche ist dabei, wir sind seit der Einführung des Thomasverfahrens unter den Flusseisen erzeugenden Staaten der Welt, über England und Frankreich hinweg in die erste Stelle gerückt. Das verdankt unser Vaterland neben der unermüdlichen Thätigkeit seiner wissenschaftlich durchgebildeten Hüttenleute hauptsächlich auch seinem ausgedehnten Besitze an ergebigen phosphorhaltigen Erzlagern.

Aber nicht allein auf dem Felde des Eisenhüttenwesens, auch in allen Zweigen der Kunst, eiserne Brücken zu bauen, stehen Deutschland und die ihm geistesverwandten Länder Mitteleuropas heute mit an erster Stelle. Bevor ich diese Behauptung noch etwas näher begründe, möchte ich Ihnen zuerst eine kleine Reihe von geschichtlich bedeutenden deutschen eisernen Brücken im Bilde vorführen.

Die Reihe beginnt mit der 1861—64 von Hartwich erbauten Rheinbrücke in der Eisenbahnstrecke Koblenz-Lahnstein, mit 97 m weiten Oeffnungen. Ihre damals vollendete theoretische und konstruktive Durchbildung war für die Entwicklung des Baues eiserner Bogenbrücken, besonders für die später erbauten Rheinbrücken bei Rheinhafen und oberhalb Koblenz von bestimmendem Einflusse. Sie war auch die erste bedeutende Bogenbrücke Deutschlands, bei welcher an beiden Widerlagern der Bögen sogen. Kämpfer-Gelenke zur Anwendung kamen. Wegen der bei ihrem Bau erzielten Schönheitswirkung nimmt sie einen hohen Rang unter allen bestehenden Bogenbrücken ein.

Es folgt der kleine, nur 69 m weite Kettensteg zwischen Frankfurt a. M. und Sachsenhausen, erbaut im Jahre 1869 von Schmick. Diese Hängebrücke zeigt zum ersten Male — ausser den Kämpfer-Gelenken — auch ein sogen. Scheitel-Gelenk. Der erste Vorschlag zu einer derartigen Bauart rührt schon aus dem Jahre 1860 von Köpcke her, einem der hervorragendsten theoretisch-praktischen Fachmänner auf diesem schwierigen Gebiete.

Das folgende Bild ist eine Ansicht der in den Jahren 1889—92 erbauten neuen Weichselbrücke bei Dirschau, deren Spannweite mit 129 m die grösste aller Balkenbrücken Deutschlands ist. Das Material der Konstruktion ist vorwiegend noch Schweisseisen, die wichtigsten Theile jedoch, das sind u. a. die Trageisen, an denen die Fahrbahn hängt, sind versuchsweise aus Flusseisen gefertigt worden.

Im folgenden Bilde sehen Sie das Innere der Eisen-

konstruktion einer Stromöffnung der neuesten Weichselbrücke bei Fordon, 1891–93 erbaut. Sie ist, bei nahezu 1,4 km Länge, eine der längsten Eisenbahnbrücken des Festlandes. Das Material der Ueberbauten ist durchweg basisches Flusseisen, in einer Gesamtmasse von etwa 11 000 000 kg. Unzweifelhaft hat diese massenhafte und erfolgreiche Verwendung des Flusseisens bei der Fordoner Brücke das Ansehen des Flussmetalls im europäischen Brückenbau wesentlich gehoben. Besonders aber hat bei den umfassenden vergleichenden Versuchen, die bei Gelegenheit des Baues der Fordoner Brücke von der Bauverwaltung auf dem Flusseisenwerke Rothe Erde bei Aachen angestellt worden sind, sich herausgestellt, dass das Thomas-Flusseisen dem Martin-Flusseisen ebenbürtig ist, was lange Zeit in Fachkreisen bezweifelt worden ist.

In der Bilderreihe erscheinen jetzt zwei Bogenbrücken, die einen Theil bilden des grossartigen Baues, dessen Vollendung das Deutsche Reich und die deutschen Ingenieure angesichts der Vertreter aller Nationen jüngst mit Begeisterung gefeiert haben, des Nordostsee-Kanales.

Den luftigsten und kühnsten Eindruck macht wohl die im Jahre 1893 zuerst vollendete Hochbrücke bei Grüenthal. Sie leitet eine Chaussee und die westholsteinische Eisenbahn über den Kanal. Bei einer freien Höhe von 42 m Höhe über dem Wasser hat sie 156,5 m Weite zwischen ihren Kämpfergelenken.

Die im vorigen Jahre vollendete Hochbrücke bei Levensau dient zur Ueberführung der Kiel-Flensburger Bahnlinie und der Chaussee Kiel-Flensburg. Ihre Weite ist mit 163,5 m die grösste der eisernen Brücken Deutschlands. —

Zum Beschluss meiner Bilderreihe erlaube ich mir noch eine Bogenbrücke vorzuführen, deren Bau in Vorbereitung steht. Es ist die geplante Rheinbrücke zwischen Bonn und Beuel nach dem preisgekrönten Entwurfe der Gutehoffnungshütte in Sterkrade. Nach ihrer in drei Jahren zu erwartenden Vollendung wird sie durch die 195 m betragende Weite ihres Mittellakens voraussichtlich die weitestgespannte der Welt sein. Den grossartigen Eindruck, den diese Brücke in der schönen Rheinlandschaft hervorbringen wird, hat sie wohl wesentlich der dominirenden Wirkung ihres grossen und hoch aufstrebenden Mittellakens zu verdanken.

IV.

Ich bin mir wohl bewusst, dass ich Ihnen in so kurzer Zeit in Wort und Bild nur Lückenhaftes bieten konnte, namentlich aber, um die deutschen Leistungen im Bau

eiserner Brücken zu veranschaulichen. Es giebt so Manches, wodurch sich die Konstruktionen Deutschlands und der ihm geistesverwandten Länder besonders vortheilhaft auszeichnen. Ich kann das in wenig Worten schwer ausdrücken. Doch möchte ich sagen, wir gründlichen Deutschen versuchen es nach Möglichkeit, die vielen zum Theil sich widersprechenden Anforderungen, die Theorie und Praxis und nicht zum Mindesten auch der Schönheitssinn zu stellen berechtigt sind, unter Beschränkung im Einzelnen miteinander zu verschmelzen und zum glücklichen Ausdruck zu bringen. Auch vergessen wir selten, dass ein vollendetes Bauwerk der Brückenbaukunst nur durch gemeinsames Wirken von Ingenieur und Architekt geschaffen werden kann.

Dann aber noch eins! Es wird wohl nirgends in der Welt mit grösserer Sicherheit gebaut, als in Deutschland und den ihm geistesverwandten Ländern Mitteleuropas.

Selbst das schrecklichste der Ereignisse, das Europa in den letzten Jahrzehnten heimgesucht hat, der Einsturz der Mönchensteiner Brücke bei Basel im Jahre 1892, hat das Vertrauen in die Sicherheit unserer eisernen Brücken nur vorübergehend zu erschüttern vermocht.

Wie aber alles Menschliche in der Welt „veränderlich“ und „Stückwerk“ ist, so sind es natürlich auch die eisernen Brücken. Sie können nicht ewig dauern. Der schlimmste äussere Feind des Eisens ist der Rost. Er findet durch die feinsten Spalten und Ritzen der Konstruktion seinen Weg, und selbst unter der schützenden Hülle des Anstriches beginnt er oft unvermerkt sein Zerstörungswerk. In diesem Punkte ist der Stein dem Eisen weit überlegen. Eine wohlunterhaltene steinerne Brücke kann Jahrtausende stehen, das lehren uns die Ueberreste der altrömischen Bauten. Wie gross aber die Dauer der eisernen Brücken ist, das wissen wir heute noch nicht.

Dies möchte ich am Schlusse allen Denen zu bedenken geben, die in einem bestimmten Falle zwischen Stein und Eisen zu wählen haben. So sicher, wie das Eisen heute unentbehrlich ist, wenn es gilt, grosse Weiten zu überspannen und die fernsten Pole einander näher zu bringen, ebenso sicher wird heute in vielen Fällen das Eisen mit Unrecht zu Bauten verwendet, die man besser hätte aus Stein errichten sollen. *)

*) Redner benutzte zu seinem Vortrage folgende eigene ältere Arbeiten: „Eisen und Eisenkonstruktionen“ und „Die Baumechanik“ im Handbuch der Baukunde. — Weitgespannte Strom- und Thalbrücken. Centralblatt der Bauverwaltung 1891. — Das Eisen in Kultur und Technik. Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1893.

Literarische Besprechungen.

W. Rettig, städt. Oberbaurath zu München a. D. Neue Schulbank. Verlag der Leipziger Lehrmittelanstalt von Dr. O. Schneider.

Während sich die meisten neuen Erfindungen für Schulbänke auf die Anbringung von Vorrichtungen erstrecken, Tisch oder Sitz zur Erzielung der sogenannten Minusdistanz beweglich zu gestalten, hat der Verfasser bei seiner neuen Bank mit allen Mechanismen vollständig aufgeräumt und eine feste Bank geschaffen, die den Charakter eines einfachen Möbels und nicht den der Sitzmaschine hat, wie so viele der neueren Fabrikate mit ihren Klappen, Hebeln und Charnieren. Die Einfachheit der neuen Bank ist ohne Weiteres als von grossem Werthe anzuerkennen.

Der Verfasser entwickelt zunächst in der obigen Titel führenden Begründungsschrift die Bedingungen für die Brauchbarkeit einer Schulbank nach praktischen, gesundheitlichen und wirthschaftlichen Rücksichten.

Nach einer Betrachtung bestehender Einrichtungen wird durch eine Zusammenstellung dreier Hauptabmessungen (Sitzraum) der Schulbänke in 13 grösseren Städten nachgewiesen, dass über die nöthigen Abmessungen und Theilbildungen sehr abweichende Ansichten herrschen und sichere klare Grundsätze über den Bau von Schulbänken nirgends deutlich erkennbar sind, demnach eine wirkliche Lösung der Schulbankfrage, trotz der vielseitigen Behandlung, welche dieselbe erfahren hat, noch nicht vorliegt. Die vom Verfasser erfundene „neue Schulbank“ ist eine zweisitzige, sichert als solche durch Gewähr von Eckplätzen für jeden Schüler und die damit verbundene Gelegenheit, beim Aufstehen frei herauszutreten, dem Schüler grössere Bewegungsfreiheit.

Es erscheint deshalb zulässig, das Sitzbrett der Tischplatte möglichst zu nähern (Nulltdistanz), um dem Schüler eine gerade Körperhaltung aufzunöthigen und an Raum zu sparen.

Der Lehrer kann bei zweisitzigen Bänken durch die Zwischengänge an jeden Schüler unmittelbar und ohne Störung zu verurursachen, herantreten. Gegenseitige Berührungen und Störungen der Schüler sind, da jeder eine Seite frei hat, fast ausgeschlossen, selbst beim Einnehmen und Verlassen der Plätze.

Alle diese Vorzüge bietet die zweisitzige Bank, ohne bewegliche Theile anbringen zu müssen, welche letztere bei einer dauerhaften, leicht zu reinigenden und geräuschlos benutzbaren Schulbank von vornherein ausgeschlossen sein sollten.

Die mit der Annahme zweisitziger Bänke nach alter Bauart und Abmessung bedingte grössere Tiefe der Klassenräume durch Vermehrung der Zwischengänge, gegenüber der Verwendung mehrsitziger Bänke, hat der Verfasser durch die Abmessungen und die eigene Bauart seiner Bank zu ver-

meiden gewusst. Die Tisch- und Bankwangen sind gegen die Stirnseite der Tischplatte um 12 cm zurückgesetzt, Sitzbrett und Lehne (letztere mit jeder Bank fest verbunden) sind ebenfalls beiderseits um 12 cm kürzer als die Tischlänge, wodurch dem Sitzbedürfniss genügt und dem Schiefersitzen vorgebeugt wird, der Zwischengangraum aber um 24 cm an Breite gewinnt. Den Abstand der Tischstirnen in den Zwischengängen hat der Verfasser unter diesen Voraussetzungen zu 40 cm als genügend ermittelt.

Zudem wird eine Tischlänge von 58 cm gegen die üblichen 60 cm als hinreichend erachtet, so dass bei 1,16 m Gesamtlänge der Schulbank, 0,40 m Zwischengang, 0,90 m Hauptgang und 0,46 m Gang an der Umfassung und bei 4 Bankreihen eine Klassentiefe von 7,20 m herauskommt. Dieselbe Tiefe entspricht der Stellung von 2 viersitzigen Bänken von 2,40 m Tischlänge und 1,06 m Hauptgang, 0,72 m Zwischengang und 0,62 m Gang an der Umfassung.

Im Uebrigen ist die Beschaffenheit und Abmessung der einzelnen Banktheile älteren bewährten Mustern entnommen.

Zur Erreichung eines trockenen Fussaufstandes ist ein Holzrost, bestehend aus einem geschlitzten Pfosten, gewählt, dessen Höhenlage von 19,5 cm über dem Fussboden für das bequeme Aus- und Eintreten des Schülers nach Ermittlungen des Verfassers besonders günstig ist.

Das Sitzbrett ist möglichst schmal gehalten, um durch die erwähnte Nulltdistanz, sowie möglichste Verengung des Sitzraumes durch Naherücken der Lehne dem Schüler eine stetige gerade Körperhaltung aufzunöthigen.

Diesen Zweck verfolgt der Verfasser noch besonders mit der geringen Breite des Sitzbrettes, welche dem Schüler ein Vorrutschen auf dem Sitz und die damit gebotene Krümmung des Rückens unmöglich machen soll. Es dürfte jedoch bedenklich sein, in dieser Absicht zu weit zu gehen, da ein derartiger Zwang bei geistiger Anstrengung, nur unterbrochen durch das Aufstehen beim Antworten u. s. w., welches übrigens in manchen Unterrichtszweigen fast ausgeschlossen ist, peinlich und ermüdend wirken muss. Man denke nur an schwächliche, zum Krummsitzen oft neigende Kinder, und man wird zugeben müssen, dass hier ein gewisses Maass nicht überschritten werden darf, was vielleicht schon bei Herstellung des Bankmodells Rücksicht gefunden haben wird.

Besonders glücklich ist vom Verfasser eine Frage von grossem praktischen Werthe gelöst worden. Während eine

gründliche Reinigung der Fussböden bei früheren Anordnungen nur durch zeitraubendes, Fussböden und Bänke stark angreifendes Verrücken jeder einzelnen Bank möglich war, erübrigt dies bei den neuen Bänken, indem dieselben reihenweise aufgekippt werden. An einer Gangseite sind die Tisch- und Bankwangen mittelst besonders geeigneter eiserner Gelenkstücke auf einer durchlaufenden schmalen Fussbodenschiene aufgeschraubt. Die erste Bank der Reihe ist auch am sonst losen Ende aufgeschraubt und jede hält mittelst Ueberkröpfung der Holme die nächste,

somit die erste Bank die der ganzen Reihe fest. Nur nach Lösung der ersten Bank mittelst Schlüssels können die Bänke einer Reihe aufgekippt werden und derselbe Schlüssel dient zur Lösung aller Gelenkstücke behufs etwaiger Auswechslung einzelner Bänke. Die Tintenfüsser sind so geformt, dass sie beim vorsichtigen Aufkippen nicht auslaufen.

Die neue Schulbank, welche nur 22 Mark kosten soll, ist einfach, dauerhaft und zweckmässig und verdient den Vorzug vor den meisten, nach alter und neuer Bauweise hergestellten Bänken.

Möbius.

Josef Ressel. Denkschrift, herausgegeben vom Comité für die Centennarfeier Josef Ressel's. Wien 1893.

Josef Ressel, vynálezce lodního sroubu von F. G. Péro (im Auftrage des böhmischen Architekten- und Ingenieurvereins). Prag 1893.

Zwei Denkschriften von grosser Bedeutung, enthaltend die kritische Beurtheilung von allem authentischen Material, das über diesen bemerkenswerten Mann gesammelt werden konnte. Das erste Werk enthält eine Menge Abschriften und Reproduktionen von Original-Dokumenten, das zweite eine Liste einschlägiger Abhandlungen in der allgemein-technischen Litteratur, so z. B. bei Karmarsch, M. Rühlmann, Tredgold, im Engineering, Dingler's polyt. Journal u. s. w. Josef Ressel (geb. 1793 zu Chrudim, gest. 1857 zu Laibach) besuchte zwei Jahre die Wiener Universität, aus Familiengründen jedoch beendigte er seinen Lehrkursus in der Forstakademie zu Mariabrunn. Sein Beruf war Forstinspektion, sein Ruf aber Erfindung, und dieser Widerstreit, unterstützt innerlich durch ein absolutes Fehlen des Geschäftsgeistes und äusserlich durch ein nicht minderes Fehlen von Glück, gestaltete sein ganzes Leben zum förmlichen Martyrium. Eine grosse Zahl von Erfindungen hatte Ressel gemacht, von denen viele patentirt, jedoch nur die wenigsten und auch diese oft nur kärglich ausgeführt sind.

So verschieden auch die Fächer sind, denen Ressel's Erfindungen angehören, so sieht man doch unzweifelhaft, wie vorsichtig er überall auf das Experiment sich zu stützen bemühte. Um nur einen Beleg hierüber zu haben, nehmen wir seine sonderbar klingende Erfindung zum Verhüten des Durchgehens der Pferde. Man erwartet schon etwas Phantastisches, das Lächeln dringt schon auf die Lippen, jedoch mit Unrecht. Ressel rath einfach, dem Pferde nöthigenfalls die Nasenlöcher vernittelst entsprechenden Klappen zu schliessen, und beruft sich auf das Experiment. Von den übrigen kleinen Erfindungen Ressel's sind bemerkenswerth: eine Walzenpresse und Walzenmühle, eine Wein- und Oelpresse, Kugellager, Pflug, artikulierter Wagen, Holzgraduator, Bühnenmechanismus, Dampffuhrwerk (nach dem heutigen Ausdrucke „Motorwagen“), noch zwei Dampfmaschinen, atmosphärische Bahn und pneumatische Post, wie letztere in mehreren Grossstädten jetzt zu sehen ist.

Die hauptsächlichste Erfindung Ressel's, der er sein ganzes Leben gewidmet und die ihm die bittersten Enttäuschungen bereitet hatte, war die Propeller-(Schiffs-)Schraube. Die zweitgenannte, Prager, Denkschrift beschäftigt sich speziell mit dieser Erfindung, wogegen die erste Schrift auch eine eingehende Uebersicht seiner anderen Leistungen enthält. Beiden Schriften muss man sofort zwei grosse Verdienste nachrühmen: die Benutzung eines grossen authentischen Dokumentenmaterials und die objektive Behandlung desselben. Besonders glänzt hierin die Wiener Schrift. Bekanntlich entbrannte noch bei Lebzeiten Ressel's ein internationaler Prioritätsstreit über die Erfindung der Schiffsschraube, der bis in die letzte Zeit unentschieden blieb zwischen Frankreich (Sauvage), England (Smith), Amerika (Ericson aus Schweden) und Oesterreich (Ressel). Nun bringt die Wiener Denkschrift folgende Entscheidung, unter Berücksichtigung aller authentischen Dokumente: Wir können demnach mit gutem Gewissen, frei von jedem Chauvinismus, blos den That-sachen Rechnung tragend, unsere Ansicht dahin aussprechen, dass die Verdienste Sauvage's, Smith's und Ericson's um die Einführung der Dampfschiffahrt im grossen Ganzen wohl anerkannt werden müssen, dass aber ganz entschieden Josef Ressel nicht nur der Zeit, sondern auch dem Wesen nach der Erste war, der die Schraubenanordnung, wie sie heute noch in Uebung ist, erdacht und praktisch zur Reife gebracht hat!

Schliesslich ist das Lesen der Wiener Schrift ganz besonders noch allen angehenden Erfindern zu empfehlen, damit sie sich keine Täuschung darüber machen, dass die Welt auch den menschenfreundlichst gesinnten Erfinder nie mit offenen Armen empfängt, selbst wenn er wirklich etwas Grosses bringt, sondern durch harte und oft sogar grausame Prüfung sich erst die Lebenskraft der Neuerung beweisen lässt.

P. K. von E.

Schimmel's Wäschereimaschinen. Wie schon früher, so hat die Maschinenfabrik von Oscar Schimmel & Co. in Chemnitz auch in diesem Jahre eine Broschüre über die von ihr als Spezialität behandelte Einrichtung von Wasch- und Desinfektionsanstalten herausgegeben. Die Schimmel'sche Fabrik, die sich dem Bau von Waschanstalten bereits

vor mehr als 30 Jahren zuwandte und wohl als die erste zu bezeichnen ist, die den mechanischen Wäschereibetrieb in Deutschland mit Erfolg einführte, verfügt auf dem genannten Gebiete über eine so reiche praktische Erfahrung, dass die Durchsicht der obengenannten Schrift zu einer belehrenden und damit lohnenden wird, zumal sich dieselbe

ausser durch genaue Darlegung des geübten Waschverfahrens noch durch klare Wiedergabe der benutzten Maschinen in Wort und Bild ausgezeichnet. Nach Kennzeichnung des Verfahrens, das der Schimmel'schen Wäschereinigung zu Grunde liegt, und Hervorhebung der Vortheile, welche die mechanische Wäscherei der Handwäscherei gegenüber im Allgemeinen und Besonderen bietet, bespricht die Schrift die verschiedenen beim Waschen, Spülen, Entwässern, Trocknen und Fertigmachen (Mangeln, Plätten) der Wäsche von der Firma zur Benutzung empfohlenen und gebauten Maschinen ihrem Wesen und Bau nach kurz, aber verständlich. Sie ermangelt hierbei nicht, die technologischen Unterschiede der mannigfachen Konstruktionsformen darzulegen und damit ein tieferes Verständniss derselben bei dem Leser zu wecken. Auch belehrt sie an der Hand kleiner Tabellen über die wichtigsten Grössenverhältnisse der Maschinen, die von diesen zu erwartenden Leistungen und den von

ihnen beanspruchten Arbeitsverbrauch. Besondere Kapitel sind dem Waschverfahren in Waschanstalten mit Handbetrieb und der Anlage von Dampfwaschanstalten gewidmet. Für letztere ist eine Anzahl von der Firma ausgeführte Anlagen in Dispositionsplänen anschaulich vorgeführt und beschrieben. Aus einem angehängten Verzeichniss sind die zahlreichen, in neuerer Zeit ausgeführten Waschanstalten zu ersehen, die nach dem Schimmel'schen Waschsyst. arbeiten und von der Fabrik selbst eingerichtet oder doch mit den erforderlichen Maschinen ausgestattet worden sind. Ein Anhang, in welchem die von Schimmel & Co. bei der Desinfektion von Wäsche, Kleidungsstücken u. dergl. seit etwa 15 Jahren zur Anwendung gebrachten mechanischen Einrichtungen und Verfahren geschildert sind, schliesst den reichen Inhalt der 108 Seiten Grossoktav umfassenden Broschüre.

H. Fischer.

Carlo Boog, niederösterreichischer Landes-Ingenieur. Das Strassengrundbuch. Anleitung zur Darstellung und Evidenzhaltung des Bestandes von Landstrassen nebst zugehörigen Objekten nach einem graphisch-schematischen System. — Mit 2 lithographirten Tafeln und einem Zeichenschlüssel. — Als Manuskript gedruckt. — Wien 1895. Spielhagen & Schurich. Preis 4 *M.*

„Das Strassengrundbuch hat den Zweck, in entsprechender und systematischer Zusammenstellung alle jene Verhältnisse und Umstände, welche sich auf die zu behandelnde Strasse und ihre Bestandtheile (Brücken, Kanäle, Mauern, Geländer u. s. w.) beziehen, also den Bestand der Strasse, d. h. alles, was die Strasse ausmacht und dazu gehört, derart auf Grund vorgenommenen und zu verzeichnender Messungen darzustellen, dass daraus der Gesamtcharakter der Strasse und ihrer Einzelheiten klar erhellt.“ Diesen vom Verfasser selbst formulirten Zweck sucht derselbe mit Hülfe vorgedruckter Blätter im Format von 21×34 cm zu erreichen, von denen jedes für je einen Kilometer Strassenstrecke bestimmt ist. Durch Ordinaten ist das Blatt in Zwischenräume getheilt, die je fünf Metern entsprechen; ausserdem enthält es aber 14 wagerechte Spalten mit je einem breiteren grauen Streifen, der schematisch die Strasse darstellt und dem links die Legende vorgedruckt ist, die über den in die betr. Spalte einzutragenden Gegenstand Aufschluss giebt. Die fraglichen Gegenstände sind in Kürze folgende: Längenprofil. Fremde Anlagen auf Strassengrund (z. B. Eisenbahnen, Gas- oder Wasserleitungen u. dergl.). Anlagen der Strassenverwaltung auf fremden Realitäten. Strassengrund-Grenzmarken. Politische Grenzen. Schneeschaukelungs-Strecken. Distanzzeichen, Einräumer- (d. h. Strassenwärter-) Strecken, Radschulsäulen. Baumpflanzungen. Sicherheitsanlagen am Strassenrande. Stütz- und Futtermauern. Art der Strassendecke. Strassenbreiten und Entwässerungsanlagen. Charakteristische Querprofile.

Man fühlt es heraus, dass die Auswahl der Spaltenüberschriften auf Grund praktischer Beobachtungen erfolgt ist, auch die für die Eintragungen dienenden Kürzungszeichen sind einfach und so gewählt, dass sie sämmtlich zur Noth mit der Schreibfeder, besser mit Lineal und Reissfeder, jedenfalls aber nur einfarbig, mit Tinte oder Tusche, erfolgen können. Das ganze System ist somit nicht nur auf gedrungene Uebersichtlichkeit, sondern auch so angelegt, dass es von untergeordneten Organen der Strassenverwaltung mit thunlichst geringer Inanspruchnahme des vorgesetzten Beamten angelegt und fortgeführt werden kann. Eins vermissen wir allerdings dabei und die ohne Bezeichnung freigehaltene Spalte 11 scheint uns den Mangel nicht genügend zu decken, nämlich den fortgesetzten und zusammenhängenden Nachweis der Unterhaltungsarbeiten, die Wiederherstellung der Steinschlag- und Kiesbahnen, der Bruch- und Kopfsteinpflasterstrecken, wodurch die Abnutzung und Dauer derselben gewissermaassen graphisch veranschaulicht würde. Auch die Unterhaltungsarbeiten der Nebenanlagen, insbesondere der Brücken und Durchlässe, dürften zweckmässig mit in die Uebersicht des Strassengrundbuchs aufzunehmen sein. Im Uebrigen erscheint der Vorschlag des Verfassers nicht nur beachtenswerth, sondern auch ausgereift und eine gute Ergänzung früher besprochener Bücher über Bau und Unterhaltung der Strassen (z. B. Osthoff, XXX. Band, 6. Heft, und Ammon, XXVII. Band, 1. Heft des C.-I.), die einen derartigen Gedanken nicht enthalten.

O. Gr.

Oswald Haenel, Architekt, unter Mitwirkung von Frz. O. Hartmann, Architekt. Einfache Villen und Landhäuser. Eine Sammlung von interessanten ausgeführten Bauten und originellen Entwürfen namhafter Architekten des In- und Auslandes. Lieferung 5. — Gilbers'sche Königl. Hof-Verlagsbuchhandlung (J. Bleyl) Dresden.

Mit der vorliegenden 5. Lieferung gelangt diese architektonische Publikation, die wir bereits im 3., 6. und 7. Heft des XL. Bandes des C.-I. besprochen, zu ihrem Abschluss. Auch diese letzten 15 Tafeln: 61 bis 75, recht-

fertigen zumeist vollständig die Erwartungen, die wir diesem Unternehmen entgegengebracht hatten. Wohl jede bietet etwas Bemerkenswerthes, es sollen aber hier nur einige besonders erwähnt werden. Das Pfarrhaus auf Taf. 61 von Ludwig

Hofmann ist ein überaus glücklicher Wurf nach der volks- und landesthümlichen Seite der Baukunst; da es zudem bloß 13000 *M.* zu erbauen kostete, so steht es auch ökonomisch sehr vorthellhaft im Gegensatz zu akademischen Entwürfen, wie z. B. zu denjenigen auf Taf. 66, wo versucht wird, die dreitheiligen mächtigen Thermenfenster mit einem Schweizerdach zu vereinigen.

Das Chalet in Wädensweyl von Jacq. Gros, Taf. 63, bekundet sich nach Erfindung und Vortrag als das Werk eines talentvollen Schülers Gladbach's; besonders bezeichnend in diesem Sinne ist die Verlegung der Fensternischen an die Aussenseite der Umfassungen, nach Art der Graubündner Häuser.

Recht interessant ist der Versuch von Vogel in Hannover auf Taf. 67, die amerikanische Villenbauweise, von der sich namentlich in Shopell's modern houses (S. 260 des C.-I. 1894) eine so reiche Fülle von Vorbildern vorfindet, auch in Deutschland einzubürgern, und das hübsche Beispiel aus Herrenhausen dürfte wohl Lust zur Nach-

ahmung erwecken. Insbesondere wirkt die Aufnahme mit der Winterstallage ungemein anheimelnd. Besondere Erwähnung verdient auch Taf. 71 mit einer Villa in Elberfeld auf einem spitzen Eckbauplatz. Zufolge ihrer vorgeschobenen Lage wird sie von allen Seiten vollkommen sichtbar, aber die Architekten Hermanns & Riemann haben es verstanden, ihr Aussehen nach allen Seiten hin interessant zu gestalten; bei den neueren Villen in Dresden ist gewöhnlich nur eine Seite für den Beschauer bestimmt. Die beiden letzten Tafeln des Werkes stellen ein reizvolles kleines Wohnhaus in der Oberlössnitz dar, und wir dürfen es wohl verrathen, dass dieses vom Herausgeber: Haenel, selbst und allein bewohnt wird; der Grundriss ist somit nicht für die Bedürfnisse einer Familie zugeschnitten. Im Uebrigen wird man mit Vergnügen wahrnehmen, dass das für Architektenwohnungen sonst so häufig zutreffende Sprichwort: „Der Schuster trägt die schlechtesten Stiefel“ hier einmal gründlich Lügen gestraft wird.

O. Gruner.

O. Gruner, Regierungsbaumeister und Oberbaukommissar der Stadt Dresden. Gesundheit und Behagen in unseren Wohnhäusern.

Eine kurzgefasste und allgemein verständliche Betrachtung der wichtigsten Grundsätze, häufigsten Mängel und bewährtesten Hilfsmittel. Mit 80 Abbildungen. München und Leipzig 1895, bei R. Oldenbourg. Preis 2.50 *M.*

Nicht ohne Genugthuung lässt sich die Thatsache verzeichnen, dass das Interesse an den Einrichtungen zur Förderung der Gesundheit auch in den breiteren Schichten der Bevölkerung von Jahr zu Jahr zunimmt. Naturgemäss stehen hier die Maassregeln zum Schutze gegen ansteckende Krankheiten und zur Versorgung mit gesunden Nahrungsmitteln, die Anlagen zur Beschaffung reinen Trink- und Nutzwassers, sowie zur Reinigung und Entwässerung der Städte in erster Linie. Aber auch die Fürsorge für die Wohnungsverhältnisse durch Verbesserung veralteter und unzureichender Bauanlagen hat sich einer regen Theilnahme zu erfreuen, wengleich die Fortschritte beim inneren Ausbau bisher mehr bei Errichtung öffentlicher Gebäude zum Ausdruck gelangten. Selbst bei sonst reich ausgestatteten Wohnhäusern wohlhabender Besitzer sind sie vielfach nur in geringem Grade zu finden, und noch mehr lässt die Mehrzahl der mittleren, sowie der sog. besseren Miethswohnungen in hygienischer Beziehung zu wünschen übrig. Die Ursache dieser Erscheinung ist vorzugsweise darin zu suchen, dass den Kreisen, in deren Händen die Ausführung der grossen Mehrzahl der städtischen Miethshäuser zu liegen pflegt, die hygienischen Grundbegriffe noch ziemlich fremd sind; ihr Wissen auf diesem Gebiete geht vielmehr nur ausnahmsweise über die Kenntniss der Bestimmungen der Bauordnung hinaus. Wie häufig findet man z. B. die Wohnungen von Küchendunst durchzogen, weil die einfache Einrichtung eines Dunstabzuges fehlt; wie oft dringt die Kanalluft in Folge des Brechens oder Absaugens der Wasserverschlüsse des Ausgusses in die Küche und von da in die Wohnungen, weil das vielleicht an sich schon zu enge Abzugsrohr nicht über Dach geführt, geschweige denn besonders gelüftet ist! Wie wenig geschieht oft zur Ventilation der Aborte, der Waschküchen, der Korridore und der Schlafzimmer selbst in sog. herrschaftlichen Häusern! Wie oft findet man schlecht angelegte Sinkkasten der

Hausentwässerung in Kellern vor, nicht selten sogar in unmittelbarer Nähe der leider noch so zahlreichen Kellerwohnungen! Wie häufig sind die Fälle, in denen zur Aufhebung des Hofes und selbst des Strassenkörpers Stoffe benutzt werden, die besser in die Müllgrube gehören und deren gasförmige Verwesungsprodukte dann in Folge der schröpfkopfartigen Wirkung der wärmeren Hausluft durch die Poren der Kellersohle in unsere Häuser wandern!

Wir widerstehen der Versuchung, diese kurze Aufzählung täglich vorkommender Verstösse gegen die Bauhygiene zu verlängern, verweisen vielmehr auf die Gruner'sche Schrift selbst, welche in übersichtlicher und allgemein verständlicher Form die wesentlichsten, an die gesunde und behagliche Einrichtung unserer Wohnungen zu stellenden Anforderungen zusammenfasst und zugleich die Mittel angiebt, welche im Stande sind, diesen Anforderungen Genüge zu leisten oder vorhandene Mängel zu beseitigen. Wie in der Vorrede hervorgehoben ist, entstand die Schrift unter dem Eindrucke der Erfahrungen, welche der Verfasser sowohl als ausführender Architekt wie in mehr als zehnjähriger Thätigkeit an der Spitze der Baupolizeiverwaltung grosser Städte gesammelt hat. In diesem Umstande liegt ein ganz besonderer Vorzug des Buches, welches sich nicht bloß an Bautechniker, sondern auch an den gebildeten Theil der Bauunternehmer, Hausbesitzer und Miether wendet und ihnen unter möglichster Beschränkung wissenschaftlicher Auseinandersetzungen bündige Auskunft über die wichtigsten Fragen der Wohnungshygiene ertheilt. Da dasselbe auch zahlreiche Abbildungen enthält und zugleich eine kritische Auswahl unter den vorhandenen, bezw. marktgängigen Konstruktionen trifft, ferner die Bezugsquelle nebst Preis namhaft macht, so bildet es einen sachkundigen Führer, dessen Anschaffung dem weiten Kreise der Interessenten aufs Beste empfohlen werden kann.

A. F.

A. Ulbrich, Architekt. Bürgerliche Baukunde. Anleitung zum Entwerfen der Grundrisse von Villen, freistehenden und eingebauten Familienwohnhäusern und Mieth- oder Zinshäusern. — Mit 121 in den Text eingedruckten Figuren. — Hildburghausen, 1895. Verlag von Otto Petzold.

Das Ulbrich'sche Buch soll eines der 26 technischen Lehrhefte bilden, in welchen die Architekten Volland und Ulbrich das Baufach zu behandeln beabsichtigen. Dieser Plan ist jedenfalls kühn genug, denn wenn alle folgenden Hefte ungefähr gleich stark ausfallen, lässt er ein Werk von mehr als 1800 Seiten und über 3100 Abbildungen erwarten. Wir möchten nicht versprechen, dass bei der Fülle unserer Fachliteratur sich dazu viele Käufer und Leser finden werden, obgleich der vorliegende Anfang im Allgemeinen nicht übel ist. Der Charakter als „Lehrheft“ bringt es mit sich, dass von den behandelten Gegenständen nur das Skelett geboten werden kann, zu dem der mündliche Unterricht den Körper und die Fülle zu schaffen hat; aber mit demselben lehrhaften Charakter erscheint es uns unvereinbar, dass den neueren Grundsätzen über Wohnhaus-Hygiene so wenig Rechnung getragen wird. Wenn gewissen- und verständnislose Bauspekulanten Lichthöfe von 1,5—3 qm Grundfläche für genügend erachten und die Bau-

polizeibehörden dies für zulässig halten, so wird man zu solchem Mangel an Einsicht und Verantwortungsgefühl bedauernd die Achseln zucken; wenn aber derartige Angaben sich (wie z. B. auf S. 61, 62, 66) in einem Lehrbuche vorfinden, oder wenn (wie auf S. 38, 44, 59, 61 und 66) durch Wort und Zeichnung gelehrt wird, dass für Dienstbotenzimmer die untergeordnetste Lage gut genug sei, so bestätigt dies die auch leider bei uns gemachte Wahrnehmung, dass die unteren Bauschulen sich zu wenig um die Fortschritte der Wissenschaft bekümmern.

Schwer verständlich ist es auch, wie ein der jüngeren Generation angehörender Architekt immer noch so unklare Bezeichnungen wie „erstes Stockwerk“ oder „1., 2. und 3. Geschoss“ (Seite 9 und 10) gebrauchen mag. Es befremdet das um so mehr, als man im Uebrigen in seinem Buche ganz modernen, umsichtigen Anschauungen auf architektonischem Gebiete begegnet.

O. Gr.

Die Lausitzer Granite. In der Verbandsveröffentlichung „Die natürlichen Bausteine Deutschlands“, die im 7. Heft des 38. Bandes des C.-L. besprochen wurden, finden sich für das Königreich Sachsen im Ganzen neun Bezugsquellen für Granit angegeben. Wenn diese Angaben auch nicht vollständig genannt werden können, so zeigen sie doch schon das Ueberwiegen der Lausitzer Fundorte für dieses Material, insofern sich nur drei nichtlausitzer Brüche darunter befinden, von denen zwei (Auerhammer und Laas) bisher zu keinen hervorragenden Bauwerken lieferten, während dies bei dem dritten (Meissen) zwar der Fall war, zugleich aber eine sehr beschränkte Leistungsfähigkeit vermerkt wurde. Die Bedeutung, welche die Lausitzer Granitindustrie für die sächsische Baupraxis hat, bedarf für den in derselben wirkenden Fachmann kaum noch eines Wortes; um so willkommener dürfte es aber für ihn sein, ein vollständiges Bild von den verschiedenen Gesteinsarten, ihren Eigenschaften, Fundstätten, Verwendbarkeit u. s. w. zu erhalten. Ein solches gewährt die mit grosser Sachkenntnis von Dr. O. Herrmann in Chemnitz geschriebene Abhandlung: „Die technische Verwerthung der Lausitzer Granite“, die sich im 11. Heft der Zeitschrift für praktische Geologie, Jahrg. 1895 vorfindet.

Der Verfasser skizziert zuerst die geologische Stellung, die das gewaltige Granitmassiv des Lausitzer Gebietes, das die silurische Grauwacke durchbrochen hat, einnimmt, und betrachtet dann die Tektonik der Granitstöcke vom Standpunkte ihrer Verwerthbarkeit. Der letzteren förderlich ist nämlich die dünne, bankförmige Absonderung des Gesteins, die sich vielfach vorfindet, und das Auftreten von Druckklüften in weiten Abständen; bei dem Vorhandensein beider Erscheinungen entsteht der ideale Typus eines Lausitzer Werksteingranitbruches: der Blätterbruch, während konzentrisch-schalige, kugelige Absonderung die Verwerthung stark beeinträchtigt und die durch zahllose Risse entstandene unregelmässige vieleckige Absonderung

die Verwerthung fast gänzlich ausschliesst. In den Druckklüften, die in der Regel bis zu 10 m Abstand von einander haben, setzt häufig ein schmaler, schwarzgrüner Diabas- oder Dioritgang auf, der von Nichtgeologen fälschlich als Basalt oder Syenit bezeichnet wird; solche Gänge erleichtern den Abbau. Ausser der Absonderung in Gesteinsbänken wird die Verwerthbarkeit auch durch den Farbenton und durch fremde Einschlüsse beeinflusst. Die technisch wichtigste der Varietäten, die meist scharf gegeneinander absetzen, ist der mittelkörnige Granitit (kurz als Lausitzer Granitit bezeichnet), in der Hauptsache aus bläulichem bis milchweissem Feldspath, rauchgrauem Quarz und schwarzbraunem Magnesiaglimmer zusammengesetzt. Weil der silberweisse Kaliglimmer meist ganz fehlt, nennt ihn die Wissenschaft Granitit; der Gesamtfarbbenton ist bläulich-weissgrau, im Handel schlechthin als „blau“ bezeichnet. Kleine Schwankungen in der Menge des Magnesiaglimmers erzeugen hellere und dunklere Steine; das „Rosten“ oder „Auslaufen“ des Steins wird durch die Oxydation kleiner Einsprenglinge von Eisen-(Schwefel-)kies, seltener auch Magnetkies, verursacht. Durch diese sich allmählich vergrössernden gelben bis braunen Flecken werden derartige Steine für viele Zwecke unbrauchbar. Sehr störend sind mitunter auch die der Grauwackenformation entstammenden fremden Einschlüsse (Aeste, Gallen oder Aepfel genannt), die die gleichmässige Textur glatt zu bearbeitender Schauseiten eines Werkstücks manchmal in der ärgerlichsten Weise unterbrechen.

Dieser mittelkörnige Granitit, der wegen seiner Eignung zum Abbau für Werkstücke, wie schon bemerkt, die technisch wichtigste Varietät ist, bildet den Sibyllenberg, Klosterberg, Taubenberg, den Sockel des Löbauerbergs und den Kottmar. Mehr als 200 Steinbrüche der Distrikte Demitz-Tröbigau-Schmölln, ferner Häslich-Möhrsdorf, Ober- und Niedersteina, Jesau, Bernbruch, Wiesa und Nebelschütz, Wendisch- und Deutsch-Baselitz, Nadelwitz, Auritz, Burk

und Oberkaina, endlich nahe bei Bischofswerda, in Lausnitz, Herwigsdorf und Kötzschan sind mit der Gewinnung dieser Gesteinsart beschäftigt. Der Verfasser theilt noch folgende Eigenschaften derselben mit: Druckfestigkeit i. M. 1600 kg; spezif. Gewicht 2,7—2,86; Wasseraufnahme für 1 kg nach 125 Stunden 0,0037 kg. Die Abnutzbarkeit schwankt ziemlich stark; von 7,2 bis 9,8 ccm (unter sonst gleichen Voraussetzungen).

Der feinkörnige Granit, der neben Magnesia- auch stets silberweissen Kaliglimmer enthält und darum auch zweiglimmeriger Granit heisst, ist der Lausitzer Granit par excellence. In Folge zahlreicher fremder Einschlüsse nimmt er eine streifig-flaserige Struktur an und erlangt dadurch häufig den Habitus des Gneises. Ausserdem verbietet seine unregelmässig-vieleckige Absonderung den Grosssteinbruchbetrieb mit Ausnahme einiger Schlieren, die gröberes bis mittelkörniges Gefüge besitzen und in ca. 6 Brüchen (bei Schirgiswalde und Brettnig) Werksteine liefern. Diese Gesteinsart bildet in der Hauptsache den Valtenberg, Unger, Butterberg und Bieleboh.

Im Gebiet des grobkörnigen Granitit, in der Rumburg-Schönlindener Gegend, sowie zwischen Russdorf, Weigsdorf und Oberoderwitz, konnte nur ein schwacher Steinbruchbetrieb aufkommen, weil das Gestein eine starke Neigung zum Verwittern hat, unter einer mächtigen Abraundecke liegt, in nur unvollkommen ausgebildeten Bänken ansteht und sehr zerstückelt ist.

Der feinkörnige porphyrische Granit von Horka (Kloster Marienstern) wird in etwa 4 Steinbrüchen auf Werkstücke abgebaut. Er ist sehr arm an Biotit (Magnesiaglimmer) und erscheint deshalb hellgrau, in grossen Partien fast weiss.

Bei Rosenhain, Hainpach, Doberschütz und in der Sebnitzer Gegend findet sich der hellgraue feinkörnige Granitit in bankförmiger Absonderung, die den Abbau ermöglichen würde, wenn nicht der Zusammenhang durch intensiven Gebirgsdruck grösstentheils vernichtet wäre.

Ausgesprochen roth gefärbten Granit weist die Lausitz nur in einer Varietät auf, die sich als rother mittelkörniger Granitit in Zeidler-Ehrenberg vorfindet, der Verwitterung aber so stark zugänglich ist, dass keine Werkstücke davon zu gewinnen sind.

Der porphyrische Granit von Kleinnaundorf (Radeburg) ist feinkörnig, von hellblaugrauer Farbe und wird nur auf Mauer- und Strassensteine abgebaut. Zu grösseren Werkstücken ist er wegen seiner unregelmässig-polyedrischen Absonderung ungeeignet. In dieser Gegend findet sich der Uebergang in den Hornblende-Granitit vor.

Endlich gedenkt der Verfasser noch der jüngeren Stockgranite, von denen der glimmerarme, mittelkörnige mit gelblicher Farbe bei Neustadt-Hohwald auftritt und sich für technische Verwerthung nicht eignet, sowie des Königshainer Stockgranits (im Nordwesten von Görnitz) mit zahllosen kleinen Hohlräumen. Er wird (in Mengelsdorf-Döbschütz und Königshain-Attendorf) in ca. 35 Brüchen gewonnen und hat grauweisse Totalfarbe.

Die Abhandlung geht nun auf die Verwendung des Granits spezieller ein und erwähnt die bemerkenswerthe Thatsache, dass die Strassenbauinspektion Bautzen, so nahe

sie das Material zur Hand hat, jährlich doch nur etwa 200 cbm (meist feinkörnige Varietäten) verwendet, gegenüber ca. 900 cbm Basalt, 5500 cbm Diabas und 1000 cbm Grauwacke. Der Grund liegt darin, dass die Granitbeschotterung sehr stark eingleist und zu Pulver zermalmt wird, während Basalt und Diabas in dauerhafte Fragmente zersplittern. Mehr in Aufnahme ist der Granit beim Eisenbahnbau, wo früher nur die Packlager und Bankette, neuerdings aber auch die Gleisbettungen selbst aus 3—5 cm grossem, würfeligem Klarschlag hergestellt werden. Die Herstellungskosten stellen sich zwar etwa $\frac{1}{3}$ höher als mit Sand und Kies, aber durchweg niedriger als mit Basalt, Phonolith, Diabas und Grauwacke, bei sonstiger Ebenbürtigkeit. Dass eigens zu dem Zweck oder als Abfall von Werksteinen gewonnene Mauersteine aus Granit in der ganzen Lausitz beim Häuserbau verwendet werden, ist bekannt genug; zu den Dresdner Hafenbauten lieferte eine einzige Firma (aus Demitz und Bautzen) i. J. 1893 ca. 1250 Lowries Mauersteine; auch den bis zu 7 m mächtig anstehenden Granitgrus verwendet man, nach gehörigem Durchsieben, als Sandzusatz bei der Mörtelbereitung. Die bisher geschilderte Verwerthung des Granits beschäftigt aber mit seiner Gewinnung, nach der Schätzung Dr. Herrmanns, kaum mehr als 100 Arbeiter, während bei der nun gleich zu besprechenden Beschaffung behauener Werkstücke etwa 5000 Menschen beschäftigt sind.

Schon Ende des vorigen Jahrhunderts wurden in der Gegend von Häslich, Steinigtwolmsdorf, Schmölln und Putzkau die zahllosen, am Fusse der Berge liegenden Granitblöcke gespalten und zu Hochbauzwecken verarbeitet; die Verfrachtung auf der Elbe für Norddeutschland datirt aus dem Anfang unseres Jahrhunderts. (Die Granitindustrie des Fichtelgebirges ist hiernach viel älter; ganz wundervolle Granitbearbeitung sieht man z. B. an der aus dem 14. Jahrhundert stammenden Katharinenkirche in Wunsiedel, auch die Mauern dieser Stadt waren aus dem harten Gestein erbaut; die germanische Bevölkerung hier gelangte viel früher zum Massivbau, als die slavische dort.) Die Grossgranitindustrie der Lausitz entstand aber erst seit 1827, als die Firma Fr. Rietscher in Wiesa bei Kamenz den ersten grösseren Steinbruch eröffnete und nach Dresden zu liefern anfang. Nächst den grossen öffentlichen Bauten dieser Stadt waren es dann Trottoirherstellungen, zu denen Granitplatten, und Strassenpflasterungen, zu denen bossirte Granitsteine (in Dresden seit 1881) zu liefern waren, was diese Industrie hauptsächlich in Flor brachte. Die lokale, sowie die auswärtige Konkurrenz hat freilich schon seit längerer Zeit zu einem starken Preisdruck geführt, nicht nur die schlesischen und fichtelgebirgischen, sondern auch die schwedischen Granite trugen vielfach (letztere z. B. beim Nordostseekanal) den Sieg davon. In Hamburg kostet 1 cbm schwedischer Granit 102 M, Oberlausitzer aber per Kahn 135 M, per Bahn 148 M. Unter den 8,6 Millionen Doppelzentner Pflaster-, Bruch- und Werksteinen, die 1894 zollfrei in Deutschland eingeführt wurden und etwa 25 Millionen M repräsentirten, befanden sich über 3,4 Millionen Doppelzentner aus Schweden.

Der Verfasser giebt nun eine sehr anschauliche Schilderung von dem Verfahren bei der Gewinnung und Be-

arbeitung der Lausitzer Granite und gedenkt hierbei auch der Syenitschleifereien, die vollkommen zu Unrecht so genannt werden, da das Material ein Diabas (aus Plagioklas und Augit, Olivin und Hornblende bestehend) und durchaus kein Syenit ist. Ausführlich hat er über diesen, für den Architekten gleichfalls sehr interessanten Gegenstand im Heft 4, 1895, der Zeitschr. f. prakt. Geol. berichtet. — Hierauf folgt eine Aufzählung der wichtigsten Brüche, Verladestellen und Firmen, die sich mit der Gewinnung des Lausitzer Granits befassen; wir geben hier nur die Thatsache wieder, dass die Firmen Kunath und Sparmann & Co. zur Dresdner Karolabrücke 36 Auflagequader mit je 4,1 cbm Inhalt lieferten, und gedenken auch der Granitstufen im Dresdner Polytechnikum von ca. 4 $\frac{1}{2}$ m Länge.

Als Vorzüge des Königshainer Stockgranits gegenüber dem sächsischen Material wird die Farbenbeständigkeit gerühmt (weil Schwefelkiesesprenglinge sehr selten sind) und ferner die Reinheit, weil glimmerreiche Ausscheidungen und sonstige Einschlüsse, die dunkle Flecken verursachen, hier fehlen. Die Bearbeitung ist aber zäher und schwieriger.

Wir übergehen die Mittheilungen über die Arbeiterverhältnisse und geben nur kurz die Gesichtspunkte wieder, die bei Anlage eines Werksteingranitbruches in der Lausitz erfahrungsgemäss zu berücksichtigen sind. Die Verwerthbarkeit der Varietät ist festzustellen nach ihrer Widerstandsfähigkeit gegen Verwitterung, Härte (in Bezug auf Abnutzung), Druck- und Bruchfestigkeit, Spaltbarkeit, Frostbeständigkeit, Farbe und Farbenbeständigkeit; nebenbei auch Reinheit, Korn und Politurfähigkeit. — Bei der eigentlichen

Anlage des Bruches ist zu beachten die Art der Absonderung, die Ausdehnung der fragl. Varietät, die Mächtigkeit des Abraums, die Lage in Bezug auf Eisenbahn und Chaussee, ob auf dem Gipfel, am Abhang oder in der Ebene. Das „Aufmachen des Bruches“, ohne den geologischen Bau der Gegend vorher durch Spezialkarten oder erfahrenen Rath erkundet zu haben, hat hier und da schwere Geldopfer gekostet.

Dr. Herrmann schliesst seine Abhandlung mit der Besprechung des Verwitterungsproduktes, das in den flach muldenförmigen Einsenkungen der Niederung, also unter dem Einflusse des Wassers entsteht, des Kaolinthons. Seine Mächtigkeit bis zu 25 m ist nachgewiesen, seine Verwendung zu Chamottesteinen bekannt. In der Adolfs-hütte bei Crosta (Bautzen) wird das Material in neuerer Zeit in grossartigem Betrieb geschlämmt und für die Papierfabrikation nutzbar gemacht.

Der Referent kann es sich nicht versagen, als Gegenstück der Werksteinindustrie des Kantons Glarus mit einer Reiseerinnerung zu gedenken, welche sie von einer ebenso primitiven wie originellen Seite zeigt. Während des Sommers werden dort häufig aus den mächtigen, abgestürzten Felsblöcken Brunnentröge gearbeitet, die dann auf der Allmend so lange liegen bleiben, bis eine ordentliche Schneedecke vorhanden ist. Dann werden sie auf ganz rohe Holzkuffen befestigt, die ganze Dorfbewohnerschaft spannt sich mit „Hallo“ davor, schleift sie bis zum Verladeplatz und verjubilert dann den Zieherlohn in corpore in der Schänke.

. O. Gruner.

Personal-Notizen.

Verzeichniss der bei der Königlich Sächsischen Staatseisenbahn-Verwaltung bezüglich der technischen Beamten vorgekommenen Veränderungen.

Zu- und Vorname	Zeitherige Funktion	Veränderungen, Ordensverleihungen
Bake, Adolf,	Bauinspektor in Reichenbach i. V.	In gleicher Eigenschaft der Generaldirektion der Staatseisenbahnen zur Beihülfe zugetheilt.
Dietsch, Max Oskar,	Regierungsbaumeister beim Sektionsbureau Löbau.	Versetzung in gleicher Eigenschaft zum Sektionsbureau Mulda.
Sonnenberg, Georg Heinrich Gustav,	Regierungsbaumeister beim Sektionsbureau Mulda.	Versetzung in gleicher Eigenschaft zum Sektionsbureau Oberwiesenthal.
Marx, Karl Julius,	Bauinspektor beim Ingenieur-Hauptbureau.	Versetzung in Wartegeld.
Hamm, Gustav Adolf,	Bauinspektor beim Sektionsbureau Löbau.	Versetzung in gleicher Eigenschaft zum Ingenieur-Hauptbureau.
Cunradi, Edmund Amandus,	Regierungsbaumeister beim Sektionsbureau Schöneheide.	Bauinspektor daselbst.

Dresden, am 8. November 1895.

Finanzvortrags-Kanzlei, Abtheilung für Eisenbahnsachen.

I. Angelegenheiten des Vereins.

Die 138. Hauptversammlung des Sächsischen Ingenieur- und Architekten-Vereins am 10. November 1895 in Leipzig.

Gesammtsitzung im Saale des Hôtels „Zum Fürstenhof“, Löhrsplatz 4.

Mittags 12 $\frac{1}{4}$ bis 2 Uhr.

Anwesend 92 Mitglieder und 2 Gäste.

Nach Begrüssung der Anwesenden eröffnet der Vorsitzende, Herr Geh. Bergrath Förster, die Sitzung und spricht zunächst dem Rektorate der Universität für die Ueberlassung des Johanneums zu den Abtheilungssitzungen und der K. Generaldirektion der Sächsischen Staatseisenbahnen für Gewährung freier Fahrt den Dank des Vereins aus; ferner dankt derselbe denjenigen Mitgliedern, welche das Programm der 138. Hauptversammlung aufgestellt und durchgeführt haben. Hierauf wird in die Tagesordnung eingetreten.

a) Veränderungen im Mitgliederbestande.

Verstorben ist von den wirklichen Mitgliedern:

Herr Baumeister Mörbitz, Stadtbaudirektor a. D. in Bautzen.

Ausgetreten ist von den wirklichen Mitgliedern:

Herr Kellerbauer, Professor in Chemnitz.

Die Versammlung ehrt das Andenken des verstorbenen Mitgliedes des Vereins durch Erheben von den Sitzen.

Da sowohl Herr Mörbitz als auch Herr Kellerbauer Senioren waren, rücken an deren Stelle als solche nach:

Herr Bauinspektor Pietzsch, Dresden, und

„ Landbauinspektor Baumann, Dresden.

Eingetreten durch Aufnahme in der 137. Hauptversammlung sind 13 wirkliche Mitglieder.

Es stellt sich daher der Mitgliederbestand wie folgt:

Ehrenmitglieder	7
Korrespondirende Mitglieder	18
Wirkliche Mitglieder	486
	511

gegen 500 der letzten Versammlung.

b) Aufnahme neuer Mitglieder.

Die Herren:

1. Herold, Berginspektor, Chemnitz;
2. Weber, Dr. phil., Fabrikbesitzer, Schwepnitz;
3. Fleck, Stadtbaurath, Plauen i. V.;
4. Leonhardt, Bergingenieur, Chemnitz;

Civilingenieur XLI.

5. Helm, Professor Dr., Dresden;
6. Beck, Privatdozent, Darmstadt;
7. Wolff, Vcehüttenmeister, Mulden;
8. Illing, Hilfswardein, Mulden;
9. Gasch, Vcehüttenmeister, Halsbrücke;
10. Buck, Hilfswardein, Halsbrücke;
11. Schiffner, Hüttenrendant, Halsbrücke;
12. Swiderski, Maschinenfabriks-Direktor, Leipzig;
13. Treptow, Bergverwalter, Zwickau;
14. Heintze, Dr. phil., Oberbetriebsinspektor, Meissen;
15. Lang, Regierungsbaumeister, Zwickau;
16. Pattenhausen, Professor, Dresden;
17. Schubert, Direktor, Dresden;
18. Schmiedel, Regierungsbaumeister, Dresden

werden als Vereinsmitglieder aufgenommen. Ausser dem unter 6. genannten Herrn, welcher als korrespondirendes Mitglied eintritt, werden sämtliche Herren wirkliche Mitglieder des Vereins.

Die Auszählung der bezüglichlichen Stimmzettel übernahmen die Herren Landbauinspektor Andrae, Professor Frühling und Strassen- und Wasser-Bauinspektor Ringel; dieselbe ergab, dass sämtliche Herren fast einstimmig aufgenommen worden sind.

c) Geschäftliche Mittheilungen.

1. Der Vorsitzende theilt mit, dass die Verbandsarbeit über die „deutschen Bauernhäuser“ erfreulich gefördert worden sei und noch fortgesetzt werde; ferner dass Herr Geheimer Hofrath Lewicki den Bericht über die „Rauchverhütungsversuche“ zum Abschluss gebracht habe und mit der Verlagsfirma A. Felix in Leipzig ein Vertrag über Veröffentlichung dieses Berichtes abgeschlossen worden sei. Für die ausgezeichnete Arbeit spricht der Vorsitzende Herrn Geheimen Hofrath Lewicki den besonderen Dank des Vereins aus, welcher Aussprache sich die Versammlung durch Zurufe anschliesst.

2. Der Vereinssekretär berichtet über den Verlauf der diesjährigen Abgeordneten-Versammlung des Verbandes in Schwerin.

Die diesjährige 24. Abgeordneten-Versammlung hat am 31. August in Schwerin getagt. Es hatten Herr Geheimer Bergrath Förster, Herr Oberbaurath Waldow und

der Vereinssekretär die Ehre, den Sächsischen Ingenieur- und Architekten-Verein hierbei zu vertreten.

Der wichtigste Punkt der Tagesordnung für unsern Verein war die Frage der Gründung einer Verbandszeitschrift. Es wurde zunächst die Frage nach dem Bedürfniss eines Verbandsorgans und die Form, die ein solches Organ erhalten muss, erörtert. Das Ergebniss der bisherigen Verhandlungen lief darauf hinaus, dass eine Verschmelzung der Zeitschrift des Architekten- und Ingenieur-Vereins zu Hannover mit dem sächsischen Civilingenieur zu einer Monatsschrift in der bisherigen Form und Ausstattung der hannöverschen Zeitschrift beabsichtigt war. Die beiden in Frage kommenden Vereine sollten ihre bisherigen Rechte aufgeben und mit dem Verbandsorgane an dem Eigenthum des Verbandsorgans gemeinsam theilnehmen. Die erwähnten Vereine sichern den weiteren obligatorischen Bezug der neuen Zeitschrift durch ihre Mitglieder zu, während der Verband für die in dieser Form in Aussicht genommene Uebergangs- und Probezeit von 5 Jahren einen Zuschuss von jährlich 1000 *M* gewähren sollte. Die Redaktion sollte vorläufig in den Händen der beiden beteiligten Vereine bleiben und durch gemeinschaftlichen Beschluss dieser Vereine und des Verbandsvorstandes gewählt werden. Als Zeitpunkt für den Beginn des Erscheinens war der 1. Januar 1897 in Aussicht genommen. Ueber diese Vorschläge des Verbandsvorstandes und der beiden beteiligten Vereine entspann sich eine lebhafte Besprechung, aus welcher hervorging, dass dem Gedanken der Gründung einer Verbandszeitschrift einstimmig zugestimmt wurde und dass man auch den bisher eingeschlagenen Weg im Wesentlichen für glücklich hielt. Einige der Abgeordneten konnten auf Grund von Berathungen, die in ihren Vereinen über die Angelegenheit bereits stattgefunden hatten, oder auf Grund der ihnen sonst bekannten Anschauungen ihrer Vereine eine namhafte Zahl von Abnehmern in Aussicht stellen. Viele waren der Ansicht, dass, wenn nur erst die Zeitschrift vorhanden sei, sich die erforderliche Zahl der Leser von selbst finden werde.

Die Meinung der meisten Redner ging jedoch dahin, dass es sich nicht empfehle, eine Umwandlung des zunächst als Monatsschrift gedachten Organs in eine Wochenschrift für spätere Zeit in Aussicht zu nehmen, sondern dass es richtiger sei, von vornherein auf die Gründung eines Verbandsorgans in Form einer Wochenschrift hinzuwirken, selbst wenn dadurch die Opfer für die erste Gründung sich erhöhen sollten; es sei unzweifelhaft zu erwarten, dass eine Wochenschrift bei allen Vereinen mehr Anklang finden würde, als eine Monatsschrift. Durch die grössere Zahl der Abnehmer und den ungleich höheren Gewinn aus den Anzeigen würden die Opfer sehr bald getilgt sein und die Zeitschrift sich zu einem gewinnbringenden Unternehmen gestalten, vielleicht in ähnlicher Weise wie die Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, welche im vergangenen Jahre ca. 65000 *M* Reingewinn abgeworfen hat.

Bei der Beschlussfassung wurde zunächst der Gedanke der Gründung einer Verbandszeitschrift einstimmig angenommen und alsdann gleichfalls einstimmig folgender Antrag:

„Der Verbandsvorstand wird beauftragt, die Verhand-

lungen und Erhebungen wegen Gründung eines Verbandsorgans, das entweder wöchentlich oder vierwöchentlich zu erscheinen hat, im Sinne der von der Abgeordneten-Versammlung gepflogenen Erörterungen weiter zu führen.“

Der Verbandsvorstand wird zunächst im Sinne dieser Erörterungen zu geeigneter Zeit einen Aufruf zum Abonnement auf die Zeitschrift an alle Mitglieder der dem Verbandsangehörigen Vereine durch die Vorstände dieser Vereine richten. Wenn möglich soll eine Zeitlang vor dem Beginne des Erscheinens eine Probenummer des Verbandsorgans herausgegeben werden. Für den Fall, dass die Gründung einer Wochenschrift sich als unmöglich erweisen sollte, soll versucht werden, ob nicht der alsdann als Monatsschrift herauszugebenden Zeitschrift wöchentliche Beilagen mit den laufenden Mittheilungen der Vereine und mit Anzeigen beigegeben werden können.

Es wurde ferner erwähnt, dass unser Verein zur Zeit mit folgenden Verbandsarbeiten beschäftigt ist:

1. Darstellung der Entwicklungsgeschichte des deutschen Bauernhauses.

2. Beantwortung der Frage, wie die architektonischen Arbeiten gegen die Ausbeutung durch die Presse geschützt werden.

3. Zulässige Grenze der Stützweiten und der Querschnitte tragender Konstruktionstheile in Frontwänden.

4. Ausbildung der Studirenden des Bauwesens.

5. Einführung einer für ganz Deutschland giltigen Bezeichnung der akademisch gebildeten Techniker.

d) Neuwahl des Verwaltungsrathes auf die Jahre 1896—1897.

Der Vorsitzende macht bekannt, dass seitens der Zweigvereine als Vorstandsmitglieder in Vorschlag gebracht werden:

Herr Oberbaurath Waldow als Vorsitzender des Verwaltungsrathes;

Herr Baurath Prof. Dr. Ulbricht als Stellvertreter des Vorsitzenden;

Herr Bauinspektor Baumann als Stellvertreter des Sekretärs;

Herr Baurath Rachel als Kassirer.

Das Einsammeln und Auszählen der Stimmzettel übernehmen die Herren Landbaumeister Canzler, Landbaumeister Kemlein und Professor Undeutsch.

Die zu Mitgliedern des neuen Verwaltungsrathes vorgeschlagenen Herren sind, wie die Auszählung der Stimmzettel ergeben hat, einstimmig als solche gewählt worden.

e) Antrag des Verwaltungsrathes auf Bewilligung von 2000 *M* Berechnungsgeld zur nächstjährigen Jubiläumsfeier des Vereins.

Der Vorsitzende trug der Versammlung namens des Verwaltungsrathes einen Antrag auf Bewilligung eines Berechnungsgeldes von 2000 *M* zur Veranstaltung der im nächsten Jahre stattfindenden 50jährigen Jubiläumsfeier des Vereins vor, und Herr Oberbaurath Waldow begründete diesen Antrag in eingehender Weise, indem er das für diese Feier vorläufig in Aussicht genommene Programm bekannt gab.

Der Antrag auf Bewilligung eines bezüglichen Berechnungsgeldes von 2000 *M* wird einstimmig angenommen.

f) Antrag des Verwaltungsrathes auf Bewilligung von 500 $\mathcal{M}$ als Beitrag zu den Kosten der 1892er Verbands-Versammlung in Leipzig.

Auf Ersuchen des Vorsitzenden begründet der Vereinssekretär den weiteren Antrag des Verwaltungsrathes, der zur Abhaltung der 1892er Verbandsversammlung in Leipzig gebildeten Leipziger Vereinigung einen Beitrag von 500 $\mathcal{M}$ zur Deckung des durch die Wanderversammlung entstandenen Fehlbetrages zu bewilligen.

Herr Bauinspektor Weidner beantragte, dass der Hauptverein denjenigen Betrag des Fehlbetrages übernehme, welcher im Verhältniss der Mitgliederzahl der beiden die Vereinigung bildenden Vereine auf jeden derselben entfalle, und dass beide Vereine ebenso an dem noch zu erwartenden Gewinne aus dem Werke Leipzig und seine Bauten partizipiren.

Er formulirt darnach seinen Antrag wie folgt:

„Der Hauptverein wolle beschliessen, von dem entstandenen Fehlbetrage den Betrag von 1450 $\mathcal{M}$ zu übernehmen unter der Bedingung, dass

1. der aus dem Verkaufe der Festschrift noch zu erzielende Erlös unter die beiden Verbandsvereine nach deren Mitgliederzahl vertheilt wird;

2. die Mitglieder des Leipziger Zweigvereins weiteren Verpflichtungen zur Kostendeckung enthoben sind.“

Herr Bauinspektor von Lilienstern weist unter Bezugnahme auf den s. Z. über die Veranstaltung der Verbandsversammlung gefassten Beschluss darauf hin, dass darnach die Vertheilung des Fehlbetrages auf beide Vereine je zur Hälfte stattfinden müsse.

Herr Gasdirektor Wunder dagegen unterstützt den Weidner'schen Antrag, nachdem Herr Oberbaurath Waldow den Standpunkt des Verwaltungsrathes nochmals erläutert und begründet.

Für den Weidner'schen Antrag sprachen noch Herr Betriebsinspektor Rother und Herr Betriebsoberingenieur Dr. Fritzsche.

Herr Bergrath Ehrhardt beantragt, zunächst die Abstimmung über den Weidner'schen Antrag vorzunehmen. Die Versammlung stimmt dem zu und genehmigt diesen Antrag gegen 5 Stimmen.

g) Vorlage des Haushaltsplanes auf das Jahr 1896.

(Antrag des Verwaltungsrathes auf Erhöhung der Beiträge für die korrespondirenden Mitglieder auf 10 $\mathcal{M}$.)

Herr Baurath Rachel erläutert den vorgelegten Haushaltsplan für das Jahr 1896, welcher mit einem Fehlbetrag von 2500 $\mathcal{M}$ abschliesst.

Hierzu bemerkt der Vorsitzende, dass das Königliche Ministerium des Innern diesmal nur einen Beitrag von 2000 $\mathcal{M}$ gewährt und die Gewährung weiterer Beiträge nicht in Aussicht gestellt habe.

Der vorgelegte Haushaltsplan für das Jahr 1896 wird einstimmig angenommen.

h) Wahl der Rechnungsprüfungskommission auf das Jahr 1895.

Als Mitglieder der Rechnungsprüfungskommission auf das Jahr 1895 werden gewählt die Herren:

Baurath Grimm, Maschineninspektor Friedrich und Bauinspektor Toller.

i) Vortrag des Herrn Ingenieur Kuchenmeister, Direktor der Leipziger Elektrizitätswerke, über „Die Leipziger Elektrizitätswerke“.

Meine Herren! Gestatten Sie mir, dass ich, der freundlichen Einladung des Vorstandes folgend, Ihnen einige kurze Mittheilungen über das System und die Einrichtung der Leipziger Elektrizitätswerke mache.

Es waren s. Z. verschiedene Projekte für die Errichtung eines Elektrizitätswerkes in Leipzig ausgearbeitet worden, und zwar nach dem Gleichstrom-Dreileitersysteme, nach dem Fünfleitersysteme und nach dem Drehstromsysteme; endlich nach einem kombinierten Drehstrom-Gleichstromsysteme. Letzteres System, von der Firma Siemens & Halske, Charlottenburg, vorgeschlagen, erlangte die Billigung der Sachverständigen und die Genehmigung zur Ausführung seitens des Rathes der Stadt Leipzig. Dieses kombinierte System besteht darin, dass hochgespannter Drehstrom auf einer ausserhalb der Stadt gelegenen Station erzeugt und nach einer inmitten der Stadt gelegenen Unterstation geleitet wird, um dort mit Hilfe von Rotationstransformatoren in Gleichstrom normaler Gebrauchsspannung verwandelt zu werden. Die Einrichtung dieser Unterstation ist im Uebrigen wie die einer Gleichstrom-Dreileiter-Zentrale mit grosser Akkumulatorenbatterie. Während also im Innern der Stadt transformirter Gleichstrom an die Konsumenten geliefert wird, soll für die ungünstiger gelegenen Theile der Stadt, sowie für die Vororte von der Hauptstation aus direkt Drehstrom abgegeben werden. Dieses kombinierte System hat den Vortheil, dass ein und dieselbe Primärmaschine für die Stromlieferung nach dem einen wie nach dem andern Systeme verwendet werden kann; des Weiteren tritt dem reinen Dreileiter-Gleichstrom-Systeme gegenüber der Vortheil hervor, dass man an Stelle von etwa 4 Unterstationen nur deren eine nöthig hat und somit auch nur ein System von Fernleitungen; es liegt klar auf der Hand, dass dadurch nicht blos die Anlagekosten weniger, sondern in Folge des geringeren Personals auch die Betriebskosten wesentlich geringer werden. Das soeben im Allgemeinen beschriebene System ist zum ersten Male hier in Leipzig zur Ausführung gelangt.

Zur Beschreibung der Stationen übergehend, will ich zuerst auf die Hauptstation näher eingehen. Diese liegt auf dem Terrain der alten Gasanstalt an der Eutritzscher Strasse und umfasst das Maschinen- und Kesselhaus, einen Kohlenschuppen, diverse Nebenräume, wie Werkstatt, Laboratorium, Photometrirzimmer, Lagerräume, ein Badezimmer u. s. w. und endlich noch eine Wohnung für den Maschinenmeister. Die Station ist so gross gebaut, dass Maschinen von zusammen 2700 Pferdestärken und eine entsprechende Anzahl von Kesseln Aufstellung finden können; ausserdem ist noch genügend Platz für eine Vergrösserung der Anlage auf die doppelte Leistungsfähigkeit vorgesehen worden.

Im Kesselhause sind vorläufig zur Aufstellung gelangt drei Dampfzeuger, sogenannte kombinierte Cornwalkessel von je 180 qm Heizfläche und 12 Atmosphären Ueberdruck. Jeder dieser Kessel besteht aus einem Röhrenkessel mit 104 schmiedeeisernen Siederöhren und einem darunter liegenden Cornwalkessel mit 2 Flammröhren, in welche je 2 Galloway-Rohre eingeschweisst sind; beide Kessel sind durch einen Stutzen miteinander verbunden, wobei jeder für sich einen besonderen Dampf- und Wasserraum besitzt. Für die Feuerung werden Treppenroste benutzt, die ein Einfüllen der Kohlen von oben gestatten, wodurch die Arbeit des Heizers nicht unwesentlich verringert wird. Zum Heizen der Kessel finden Braunkohlen Verwendung, welche vom Eisenbahnwagen aus direkt in den bereits erwähnten Kohlenschuppen geworfen werden, um von hier aus mittelst auf Schienen laufender Muldenkippen bis direkt vor die Kessel gefahren zu werden. Zum Speisen der Kessel muss Wasser aus der städtischen Wasserleitung entnommen werden, da das Grundwasser der ganzen Gegend bereits vor Jahrzehnten durch Abwässer der Gasanstalt verseucht worden ist; das Grundwasser findet nur Anwendung für die Kondensation. Die Kessel sowohl, wie die beiden Worthington-Speisepumpen und die Rohrleitungen sind von der Sächsischen Maschinenfabrik in Chemnitz geliefert worden.

Zwei solche im Vorhergehenden beschriebene Kesselsysteme sind zur Dampferzeugung für je eine Dampfmaschine bestimmt, während der dritte Kessel zur Reserve dient. Es sind 2 Dampfmaschinen, und zwar solche mit dreifacher Expansion und stehenden Zylindern, sowie mit Einspritzkondensation zur Aufstellung gelangt. Dieselben leisten normal je 500 effektive Pferdestärken und maximal 670 effektive Pferdestärken bei 150 Touren pro Minute und 11 Atmosphären im Hochdruckzylinder. Expansions- und Grundschieber des Hochdruckzylinders sind als Kolbenschieber ausgebildet, während die Schieber von Mittel- und Niederdruckzylinder Frick'sche Flachschieber sind. Die Maschinen sind von der Dampfmaschinen- und Motorenfabrik vormals Swiderski geliefert.

Jede Dampfmaschine ist direkt gekuppelt mit einer Drehstrommaschine R 130 70 und einer Gleichstrommaschine Type J von Siemens & Halske. Letztere ist eine sogenannte Erregermaschine und dient lediglich zur Erzeugung des Stromes, der zur Herstellung der Feldmagnete nothwendig ist. Es sind dies mit Drahtwindungen umgebene weiche Eisenkerne, die beim Stromdurchgange abwechselnd einen Nord- und einen Südpol bilden. Im Ganzen sind 40 solcher Pole vorhanden, die innerhalb des Ankers rotiren; letzterer ist ein aus weichen Eisenblechen zusammengesetzter Zylinder mit parallel zur Achse verlaufenden Nuthen, in welchen die Drahtwicklungen untergebracht sind. Durch die Rotation werden in dieser feststehenden Ankerwicklung 3 um 120° in ihrer Phase verschobene Ströme erzeugt, die in ihrer Verkettung Drehstrom oder Dreiphasenstrom genannt werden. Die Maschinen leisten 475 000 Watt, und zwar ca. 140 Ampère bei 2000 bis 2200 Volt.

Der so erzeugte hochgespannte Strom wird durch 3 fach konzentrische Kabel dem Schaltbrette der Primärstation zugeführt, wo die zur Kontrolle und Regulirung dienenden Apparate Aufstellung gefunden haben. Es sind dies: Stromzeiger, Spannungszeiger, Um- und Ausschalter, sowie Regulirwiderstände. Mit Rücksicht auf die mit der Berührung der Hochspannungsleitungen verbundene Lebensgefahr ist das Schaltbrett so angeordnet, dass eine willkürliche Berührung der fraglichen Apparate ausgeschlossen ist.

Die Regulirung, soweit eine solche auf der Hauptstation nothig ist, geschieht durch Widerstandsänderungen in dem Feldmagnetstromkreis der Erregermaschine. Nach Passiren von Um- und Ausschaltern, die gestatten, jede Maschine auf jedes der 3 konzentrischen Hochspannungskabel zu schalten, gelangt der Strom durch letztere, welche einen Querschnitt von $3 \times 70 \text{ qmm}$ haben, nach der etwa 1750 m entfernten Unterstation in der Magazingasse. Neben diesen Fernkabeln läuft noch ein Telephonkabel einher, welches den Zweck hat, den telephonischen Verkehr zwischen beiden Stationen zu vermitteln. Auf der Unterstation wird nun der Strom mit Hilfe von Um- und Ausschaltern grossen Drehstrom-Gleichstrom-Umformern zugeführt. Diese Maschinen wurden von der Elektrizitäts-Aktiengesellschaft vormals Lohmeyer & Co., welche dieselben in der vorliegenden Anordnung als Spezialität baut, geliefert. Es liegen hier die Feldmagnete aussen und sind feststehend, während der Anker rotirt; es ist dies gerade die umgekehrte Anordnung, wie bei den Drehstrommaschinen von Siemens & Halske. Auf dem Anker sind nun zwei Wicklungen, eine für Drehstrom, eine für Gleichstrom untergebracht, und zwar liegen diese Wicklungen in Nuthen übereinander. Die Gleichstromwicklungen führen zu 504 Kommutatorsegmenten. Diese Anordnung der übereinander liegenden Wicklungen hat den Vortheil grosser Platzersparnis, andererseits aber den Nachtheil ungenügender Ventilation. Die Leistung eines jeden Umformers beträgt 350 000 Watt bei 220–250 Volt Klemmenspannung und bei 215 Umdrehungen pro Minute.

Von der Gleichstromseite des Umformers aus ist, wie bereits erwähnt, die Unterstation genau so wie eine Zentrale für Dreileitersystem und Akkumulatorenbetrieb im Grossen. Durch entsprechende Schaltungen hat man es in der Hand, entweder die Akkumulatoren allein oder während der Ladung derselben die Maschinen allein oder während der Zeit des Grosskonsums Akkumulatoren und Maschinen zugleich Strom abgeben zu lassen. Bekanntlich steigt während des Ladens die Spannung der Akkumulatorenatterie, und zwar pro Zelle um etwa 30 bis 35 $\%$. Um

nun ein gleichzeitiges Steigen der Lampenspannung, die selbstverständlich konstant gehalten werden muss, zu verhindern, sind noch sogenannte Zusatz- oder Lademaschinen erforderlich. Es sind dies je 2 gekuppelten Gleichstrommaschinen Type A der Firma Siemens & Halske, von denen die eine als Motor, die andere als Maschine läuft. Erstere ist für 110 Volt und 600 Ampère, letztere für 40 Volt, d. h. die Zusatzspannung, und für 1330 Ampère, das ist die Ladestromstärke, gebaut. Die Schaltung ist derart, dass die Maschinen primär nicht nur zum Antrieb dienen, sondern gleichzeitig als Ausgleichsmaschinen bei ungleicher Belastung der beiden Hälften des Dreileitersystems in Funktion treten. Die Schaltung der sekundären Seite der Lademaschinen ist derart, dass sich ihre Spannung zu der des Umformers addirt, und diese Gesamtspannung ist eben die für die Ladung der Akkumulatoren erforderliche. Es muss also in Anbetracht der gleichzeitig mitbrennenden Lampen die Spannung des Umformers konstant gehalten werden, während diejenige der Lademaschinen dem Fortschreiten der Ladung entsprechend variiert werden muss. Bei reinem Akkumulatorenbetrieb oder Parallelbetrieb mit den Maschinen geschieht das Reguliren mittelst der Zellschalter durch Zu- und Abschalten der sogenannten Regulirzellen. Die Akkumulatorenatterie, eine der grössten, die existirt, ist im 2., 3. und 4. Stock der Station untergebracht und besteht aus 4 parallel geschalteten Reihen von je 64 Elementen der Type 134 der Akkumulatorenfabrik Aktiengesellschaft in Hagen. Jede der Batterien hat 14 Regulirzellen, welche durch je einen besonderen Zellschalter dem Bedürfnisse entsprechend zu- und abgeschaltet werden können. Die Batterie ist im Stande, 7000 Lampen à 16 Normalkerzen, bezw. deren Aequivalent 3 Stunden lang mit Strom zu versorgen. Von der Grösse der Batterie kann man sich einen Begriff machen, wenn man in Betracht zieht, dass zur Füllung 86 000 Liter Schwefelsäure nöthig waren, und dass dieselbe ca. 7000 Zentner wiegt; zur Verbindung der Elemente untereinander, sowie mit den Zellschaltern waren etwa $1\frac{1}{2} \text{ km}$ Kupferschienen von 500 qmm Querschnitt nöthig.

Im Motorenraume sind rechts und links von den bereits erwähnten Zellschaltern auf Marmortafeln die verschiedenen Apparate, wie Strom- und Spannungszeiger, Um- und Ausschalter, Regulirwiderstände u. s. w., in entsprechender Weise angeordnet. Von den Sammelschienen, die Maschinen- und Akkumulatorenstrom miteinander vereinigen, gehen 20 Hauptleitungen zu den Speisepunkten des maschenförmig über die Stadt verbreiteten Kabelnetzes, welches z. Z. eine Gesamtlänge von etwa 170 km hat. Die sämtlichen Kabel sind asphaltirte, eisenbandarmirte Kabel aus dem Charlottenburger Werke der Firma Siemens & Halske.

Die jetzige maschinelle Anlage in Verbindung mit der Akkumulatorenatterie, wobei ein Maschinenaggregat als Reserve gilt, ist im Stande, ca. 13 000 Lampen à 16 Normalkerzen gleichzeitig mit Strom zu versorgen; es entspricht diese Zahl nach den bis jetzt gemachten Erfahrungen etwa 30 000 installirten Lampen; das Kabelnetz dagegen, soweit es bis jetzt verlegt ist, genügt für etwa 50 000 installirte Lampen.

Am 24. August cr. wurde zum ersten Male Strom abgegeben und zwar zum Zwecke der öffentlichen Beleuchtung, welche vorläufig aus 48 Bogenlampen von je 1500 Kerzenstärke besteht. Inzwischen sind eine Reihe staatlicher, städtischer und privater Gebäude angeschlossen worden, so dass die Zahl der z. Z. mit Strom versorgten Lampen etwa 15 000 beträgt. Die Anmeldungen zum Anschlusse belaufen sich z. Z. schon auf über 35 000 Lampen à 16 Normalkerzen, bezw. deren Aequivalent, so dass bereits Vorkehrungen getroffen werden müssen, um umfassende Erweiterungen der maschinellen Anlage und auch des Kabelnetzes für das nächste Jahr in Aussicht zu nehmen. Es unterliegt daher keinem Zweifel, dass das Unternehmen, das bekanntlich in den Händen einer Aktiengesellschaft liegt, innerhalb kürzester Zeit auch in finanzieller Beziehung prosperiren wird.

Für diesen Vortrag wird dem Herrn Kuchenmeister der lebhafteste Beifall der Anwesenden zu Theil und ihm zugleich Seitens des Herrn Vorsitzenden der besondere Dank des Vereins ausgesprochen.

Auf Vorlesen der Berichte der Abtheilungssitzungen

wird verzichtet. Die Niederschriften derselben werden nachfolgend mitgetheilt:

Sitzung der I. Abtheilung.

Vorsitzender: Herr Betriebs-Oberingenieur Dr. Fritzsche.

Anwesend: 21 Mitglieder.

Der Herr Vorsitzende eröffnet um 10 Uhr 45 Minuten Vormittags die Sitzung und schreitet nach Begrüssung der Anwesenden und nachdem er die eingetretene Verspätung als durch die seit 9 Uhr stattgefunden Besichtigung des neuen Reichsgerichtsgebäudes veranlaßt bezeichnet hat, zur Neuwahl des Vorsitzenden und dessen Stellvertreters. An Stelle der ihr Amt niederlegenden Herren werden für die Jahre 1896 und 1897 auf Vorschlag durch Akklamation gewählt:

Herr Betriebsdirektor Homilius zum Vorsitzenden und Herr Baurath Otto Klette zu dessen Stellvertreter.

Beide Herren nehmen die auf sie gefallene Wahl an. Besondere geschäftliche Angelegenheiten liegen nicht vor.

Der von Herrn Baurath Dr. Ulbricht angekündigte Vortrag kann wegen der weit vorgeschrittenen Zeit nicht gehalten werden.

Der Vorsitzende schliesst die Sitzung 11 Uhr Vormittags.

Genehmigt:

Dr. Fritzsche.

Nachrichtlich:

Hamm, Bauinsp.

Sitzung der II. Abtheilung.

Anwesend: 10 Mitglieder, 3 Gäste.

Herr Direktor Kühne eröffnet die Sitzung um 10 $\frac{1}{4}$ Uhr mit begrüssenden Worten an die Anwesenden und hebt zunächst hervor, dass die Tagesordnung, wie dies schon am Vorabende bekannt gegeben worden war, insofern eine Aenderung erfahren musste, als die nachträglich in Aussicht genommene Besichtigung des neuen Reichsgerichtsgebäudes schon vor der Sitzung stattzufinden hatte. Sodann erklärte der Vorsitzende den Ausfall des für die II. Abtheilung geplanten Vortrages über das Leipziger Elektrizitätswerk, welcher auf die Hauptsitzung verlegt sei. — Da geschäftliche Mittheilungen nicht zu machen sind, wird zur Wahl eines neuen Vorsitzenden und dessen Stellvertreters geschritten. Auf Vorschlag werden durch Zuruf einstimmig zum Vorsitzenden Herr Gewerberath Schlippe-Chemnitz und als Stellvertreter Herr Gewerbeinspektor Kunze-Plauen gewählt. Beide Herren nehmen die Wahl an. Herr Gewerberath Schiffner spricht dem abtretenden Vorsitzenden den Dank der Mitglieder aus und ersucht, denselben zu Protokoll zu nehmen. Die Sitzung wird um 10 $\frac{3}{4}$ Uhr geschlossen und zur Besichtigung der Leipziger Elektrizitätswerke geschritten.

Frz. Kühne.

Ledig.

Eine Sitzung der III. Abtheilung des Sächs. Ingenieur- und Architekten-Vereins hat nicht stattgefunden.

Sitzung der IV. Abtheilung.

Anwesend: 23 Mitglieder.

Der Vorsitzende, Herr Bergrath Plattner, eröffnete die Sitzung der IV. Abtheilung und schritt zunächst zur Neuwahl des Vorsitzenden und dessen Stellvertreters. Durch Zuruf wurden die bisherigen Herren Vorsitzenden, Herr Bergrath Plattner-Freiberg als Vorsitzender, Herr Bergdirektor Arnold-Zwickau

als Stellvertreter desselben, wiedergewählt und nahmen beide Herren die auf sie gefallene Wahl wieder an.

Herr Betriebsdirektor Georgi hielt hierauf den freundlichst zugesagten Vortrag „Ueber flammensichere Zünd- und Sprengmittel“, dessen Abdruck im Civilingenieur er zusagte.

C. O. Plattner.

E. O. Thiele.

Verlauf der Versammlung.

Sonnabend, den 9. November 1895 fanden sich die Mitglieder sehr zahlreich zu einem vom Leipziger Zweigverein in Rink's Hotel Fürstenhof veranstalteten Herrenabend ein; derselbe wurde durch den gemeinsamen Gesang eines Begrüssungsliedes und durch eine Ansprache des stellvertretenden Vorsitzenden des Zweigvereins, Herrn Betriebsinspektor Rother, eröffnet und verlief in angenehmster Weise; ganz besonderen Beifall errang sich das von einem Leipziger Vereinsmitgliede verfasste Festspiel: „Die Eröffnung der Eisenbahn in Uruguay“.

Sonntag, den 10. November 1895. Vor den Sitzungen der Abtheilungen fand eine gemeinsame Besichtigung des Neubaus des Reichsgerichtes unter der Führung der Herren Baurath Hoffmann und Bauinspektor Scharenberg statt. An der Besichtigung nahmen etwa 150 Mitglieder theil. Die Befriedigung über das Geschehene, insbesondere über die ausserordentlich gelungene Durchbildung des Innern, die trotz ihrer Vielgestaltigkeit als eine einheitliche künstlerische Schöpfung sich darstellt und unter den Werken unserer Zeit mit an erster Stelle steht, war eine allgemeine.

Die Sitzungen der Abtheilungen fanden hierauf in den Hörsälen des Johanneums der Universität und die Hauptversammlung in dem Saale des Hotels zum Fürstenhofe statt. An die geschäftlichen Verhandlungen schloss sich Nachmittags 2 Uhr ein gemeinsames Mahl, welches durch sehr zahlreiche Betheiligung sich auszeichnete. Herr Geh. Bergrath Förster brachte einen begeisterten Trinkspruch auf Sr. Majestät den König aus. An dem Festmahle nahmen als Ehrengäste die Vorstände des Verbandes deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine, die Herren Professor Bubendey und Bauinspektor Pinkenburg aus Berlin, sowie Herr Ingenieur Kuchenmeister, Direktor der Leipziger Elektrizitätswerke, theil.

Es wurde bedauert, dass sich keine Gelegenheit ergab, mit den Mitgliedern des Berliner Architekten-Vereins und der Vereinigung Berliner Architekten, die an demselben Tage gleichfalls den Reichsgerichtsbau besichtigten, gesellig zusammen zu treffen.

Montag, den 11. November 1895. Der Ausflug nach Altenburg verlief in der geplanten Weise, und erregte die Besichtigung des von Herrn Baudirektor Wankel geplanten und ausgeführten Regierungsgebäudes das lebhafteste Interesse der Theilnehmer.

G.

Die Trägheitskräfte einer Schubstange.

Von Professor **Mohr**.

Es sei ω die konstante Winkelgeschwindigkeit der Kurbel CB (Figur 1), S der Schwerpunkt der Schubstange AB , deren Symmetrieebene mit der Bildebene zusammen-

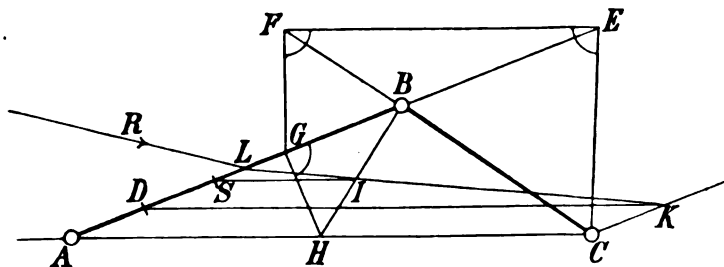


Fig. 1.

fällt; ferner $m \overline{BS} \overline{SD}$ die Grösse des Trägheitsmomentes der Schubstangenmasse m in Bezug auf die Achse, welche in S die Bildebene normal schneidet. Man ziehe

- CE normal zu AC
- EF parallel zu AC
- FG normal zu AC
- GH normal zu AB
- SI und DK parallel zu AC
- CK parallel zu AB

und bezeichne mit L den Schnittpunkt der Geraden KI und AB .

Die Resultante R der äusseren Kräfte, welche in dem Zeitpunkt der Betrachtung auf die Schubstange einwirken, geht durch den Punkt L , ist parallel zu CI , hat den Sinn IC und die Grösse

$$R = m \omega^2 \overline{IC} \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Beweis. Wir zerlegen die Masse m der Schubstange in unendlich kleine Theile, bestimmen für jeden Theil dm Grösse, Richtung und Sinn der Beschleunigung p und wenden das Prinzip von d'Alembert an, nach welchem in jedem Zeitpunkte die Resultante der Kräfte

$p \, dm$ zugleich die Resultante R der äusseren Kräfte ist. Wir legen den Anfangspunkt der Koordinaten auf C , geben der positiven X -Achse die Richtung und den Sinn von CA und rechnen die Zeit t von dem Zeitpunkt an, in welchem die Kurbel mit der positiven X -Achse zusammenfällt. Der Winkel BCA ist demnach gleich ωt . Die Kurbel fällt mit der positiven Y -Achse zusammen, wenn

$$\omega t = \frac{\pi}{2}$$

ist. Die Lage des im Punkte M (Figur 2) enthaltenen Massentheils dm bestimmen wir durch die Koordinaten x_s, y_s des Schwerpunktes S und durch den Radius vector

$$\overline{SM} = a$$

Die Winkel, welche der Radius vector im Sinne der Winkelgeschwindigkeit ω durchlaufen muss, um von der Richtung der positiven X -Achse in die Rich-

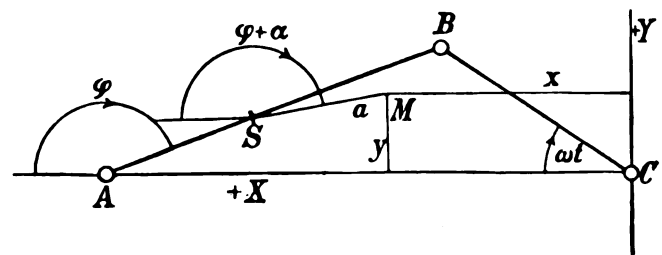


Fig. 2.

tungen von SB und SM zu gelangen, bezeichnen wir mit φ und $\varphi + \alpha$. Demnach sind die Koordinaten des Massenpunktes M :

$$\left. \begin{aligned} x &= x_s + a \cos(\varphi + \alpha) \\ y &= y_s + a \sin(\varphi + \alpha) \end{aligned} \right\} \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Durch zweimaliges Differenziren ergeben sich hieraus die zu den Koordinatenachsen parallel gerich-

teten Komponenten p_x, p_y der Beschleunigung p des Massenpunktes M :

$$p_x = \frac{d^2x}{dt^2}; p_y = \frac{d^2y}{dt^2} \quad \dots \quad (3)$$

$$p_x = \frac{d^2x_s}{dt^2} - a \cos(\varphi + \alpha) \frac{d\varphi^2}{dt^2} - a \sin(\varphi + \alpha) \frac{d^2\varphi}{dt^2}$$

$$p_y = \frac{d^2y_s}{dt^2} - a \sin(\varphi + \alpha) \frac{d\varphi^2}{dt^2} + a \cos(\varphi + \alpha) \frac{d^2\varphi}{dt^2}$$

Die Kräfte $p \, dm$ können demnach in drei Gruppen getheilt werden. Die erste Gruppe besteht aus den Kräften

$$\frac{d^2x_s}{dt^2} dm \text{ und } \frac{d^2y_s}{dt^2} dm.$$

Die einem Massentheil dm angehörenden beiden Kräfte dieser Gruppe können zu einer Kraft zusammengesetzt werden, welche Richtung und Sinn der Beschleunigung p_s des Schwerpunktes und die Grösse $p_s \, dm$ hat, und die sämtlichen Parallelkräfte dieser Gruppe ergeben sonach eine Resultante

$$R_1 = m p_s \quad \dots \quad (4)$$

welche durch den Schwerpunkt S geht. Die Kräfte der zweiten Gruppe

$$-a \cos(\varphi + \alpha) \frac{d\varphi^2}{dt^2} dm \text{ und } -a \sin(\varphi + \alpha) \frac{d\varphi^2}{dt^2} dm$$

bilden eine Gleichgewichtsgruppe, denn sowohl die Summen ihrer Projektionen als auch die Summen ihrer Momente sind gleich Null. Die dem Massenpunkte M angehörenden beiden Kräfte dieser Gruppe haben eine Resultante von der Richtung und dem Sinn MS und der Grösse

$$a \frac{d\varphi^2}{dt^2} dm.$$

Die Kräfte der letzten Gruppe

$$-a \sin(\varphi + \alpha) \frac{d^2\varphi}{dt^2} dm \text{ und } a \cos(\varphi + \alpha) \frac{d^2\varphi}{dt^2} dm$$

bilden ein Kräftepaar, weil die Summen ihrer Projektionen gleich Null sind. Die dem Massenpunkte M angehörenden beiden Kräfte dieser Gruppe haben eine Resultante von der Grösse

$$a \frac{d^2\varphi}{dt^2} dm,$$

welche zu SM normal gerichtet ist und den Sinn der Winkelbeschleunigung $\frac{d^2\varphi}{dt^2}$ der Schubstangendrehung hat.

Das Moment des Kräftepaares hat diesen Sinn und die Grösse

$$M = \frac{d^2\varphi}{dt^2} \int a^2 dm = \overline{BS} \overline{SD} m \frac{d^2\varphi}{dt^2} \quad \dots \quad (5)$$

Die Winkelgeschwindigkeit $\frac{d\varphi}{dt}$, mit welcher die Schubstange sich dreht, ergibt sich aus der Gleichung

$$r \sin \omega t = l \sin \varphi,$$

in welcher r die Länge CB der Kurbel und l die Länge AB der Schubstange bezeichnet:

$$\frac{d\varphi}{dt} = \omega \frac{tg \varphi}{tg \omega t} \quad \dots \quad (6)$$

Diese Geschwindigkeit hat also in der Lage

$$\omega t = 0$$

ihren Minimalwerth

$$-\frac{r}{l} \omega;$$

ihr Werth geht in der Lage

$$\omega t = \frac{\pi}{2}$$

vom Negativen durch Null ins Positive über und erreicht in der Lage

$$\omega t = \pi$$

ihren Maximalwerth

$$+\frac{r}{l} \omega.$$

Die Winkelbeschleunigung $\frac{d^2\varphi}{dt^2}$ hat also während dieser ersten Periode

$$\text{von } \omega t = 0 \text{ bis } \omega t = \pi$$

positive Werthe, d. h. sie hat während dieser ganzen Periode den Sinn der Winkelgeschwindigkeit ω . In der zweiten Periode

$$\text{von } \omega t = \pi \text{ bis } \omega t = 2\pi$$

ist die Winkelbeschleunigung negativ, jedoch ist es nicht nöthig, die Betrachtung auf diese zweite Periode auszudehnen, weil sich in derselben alle Bewegungsvorgänge der ersten Periode symmetrisch wiederholen.

Die Grösse der Winkelbeschleunigung kann durch Differenziren aus Gleichung 6 bestimmt werden. Wir erreichen jedoch denselben Zweck auf einfacherem Wege durch die folgende Betrachtung. Der Punkt B der Schubstange bewegt sich mit der konstanten Geschwindigkeit $r\omega$ auf dem Kreise vom Radius r . Wenn wir den Maassstab der Beschleunigungen so wählen, dass die Grösse ω^2 durch die Längeneinheit dargestellt wird, so giebt die Strecke BC Grösse, Richtung und Sinn der Beschleunigung des Punktes B an. Nach obiger Darlegung bildet BC die geometrische Summe von drei Strecken BN, NI, IC (Figur 3), welche die drei Beschleunigungen des Punktes B :

$$\left. \begin{aligned} \overline{BN} \omega^2 &= \overline{BS} \frac{d\varphi^2}{dt^2} \\ \overline{NI} \omega^2 &= \overline{BS} \frac{d^2\varphi}{dt^2} \\ \overline{IC} \omega^2 &= p_s \end{aligned} \right\} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \quad (7)$$

darstellen. Von diesen Strecken ist zunächst nur bekannt, dass BN den Sinn von BS hat, dass die Strecke

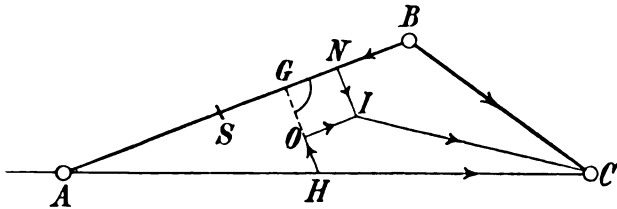


Fig. 3.

NI normal zu *BS* gerichtet ist und dass ihr Sinn einer positiven Winkelbeschleunigung entspricht.

Der Punkt A der Schubstange bewegt sich auf der Geraden AC , und seine Beschleunigung

$\overline{HC} \omega^2$

hat daher die Richtung dieser Geraden. Die Strecke $\overline{HC}$ bildet die geometrische Summe von drei Strecken, welche die Beschleunigungen des Punktes A :

$$\left. \begin{aligned} \overline{HO} \omega^2 &= \overline{AS} \frac{d^2 \varphi}{dt^2} \\ \overline{OI} \omega^2 &= \overline{AS} \frac{d \varphi^2}{dt^2} \\ \overline{IC} \omega^2 &= p_s \end{aligned} \right\} \cdot \cdot \cdot \cdot (8)$$

darstellen. Wir folgern aus den Gleichungen 7 und 8:

$$\frac{\overline{BN}}{\overline{IQ}} = \frac{\overline{NI}}{\overline{OH}} = \frac{\overline{BS}}{\overline{SA}},$$

d. h. der Punkt I ist der Schnittpunkt der durch den Punkt S parallel zu AC gelegten Geraden mit der Geraden BH , wie es in Figur 1 angegeben ist. Die Lage des Punktes H ist aber durch die Bedingung bestimmt:

$$\overline{BN} + \overline{IO} = \overline{BG} = \frac{\overline{BA}}{\omega^2} \frac{d\varphi^2}{dt^2} = BA \frac{t\varphi^2\varphi}{t\varphi^2\omega t}.$$

Dass auch diese Bedingung durch die Figur 1 erfüllt wird, erkennt man, wenn man beachtet, dass wegen Ähnlichkeit der Dreiecke BGF und BEC

$$\frac{BG}{BE} = \frac{FG}{CE} = \frac{\overline{EF} \operatorname{tg} \varphi}{EF \operatorname{tg} \omega t} = \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg} \omega t}$$

und wegen Aehnlichkeit der Dreiecke BEF und BAC

$$\frac{\overline{BE}}{\overline{BA}} = \frac{\overline{EF}}{\overline{AC}} = \frac{\overline{EC} \cotg \omega t}{\overline{EC} \cotg \varphi} = \frac{tg \varphi}{tg \omega t},$$

daher

$$\frac{\overline{BG}}{\overline{BA}} = \frac{tg^2\varphi}{tg^2\omega t}$$

ist.*) Nachdem hierdurch die Strecke $\overline{NI}$ geometrisch bestimmt worden ist, ergibt sich aus den Gleichungen 7 die Grösse der Winkelbeschleunigung

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} = -\frac{\overline{NI}}{\overline{BS}} \omega^2$$

und die Grösse des Momentes M in Gleichung 5

$$M = \overline{NI} \overline{SD} m \omega^2.$$

Die Zusammensetzung der durch den Punkt S gehenden Kraft R_1 mit dem Kräftepaar von dem positiven Moment M ergibt die Resultante R , deren Richtung und Sinn durch die Strecke IC , deren Grösse durch die Gleichung

$$R = m \omega^2 \overline{IC}$$

und deren Lage (Figur 4) durch die Bedingung bestimmt ist, dass ihr Moment in Bezug auf den Schwerpunkt S im Sinne der Winkelgeschwindigkeit ω die Grösse M haben muss:

$$m \omega^2 \overline{IC} \overline{SL} \sin ICP = \overline{NI} \cdot \overline{SD} \cdot m \omega^2.$$

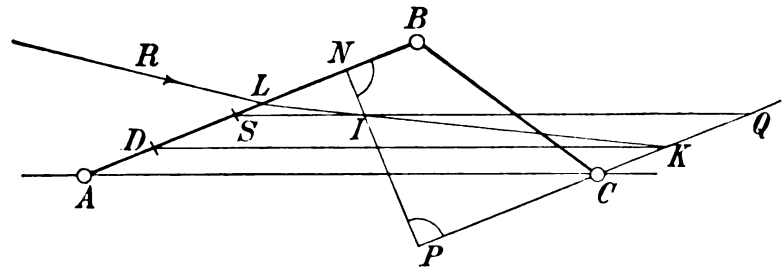


Fig. 4.

Da demnach

$$\overline{SL} \cdot \overline{IP} = \overline{NI} \cdot \overline{KQ}$$

oder

$$\frac{\overline{SL}}{\overline{NI}} = \frac{\overline{KQ}}{\overline{IP}}$$

ist, so muss der Punkt L auf der Geraden KI liegen, wie es in Figur 1 der Fall ist.

In manchen Fällen mag es zulässig erscheinen, die Dimensionen der Schubstange in den Richtungen normal zu ihrer Längsachse zu vernachlässigen, also die Stange als eine materielle gerade Linie anzusehen, in deren Punkten die Massentheile konzentriert sind. Bei der

*) Man vergleiche den Aufsatz über die geometrische Konstruktion der Beschleunigungen der ebenen Bewegung; Jahrgang 1879 dieser Zeitschrift, Seite 613.

Einfachheit des im Vorstehenden beschriebenen Verfahrens erweist sich diese Vernachlässigung weder als nöthig noch als nützlich, wenn es sich nur um die Bestimmung der äusseren Kräfte handelt. Sie ist jedoch zu empfehlen, wenn die Festigkeit der Schubstange untersucht werden soll, und wenn es sich also nicht bloss um die Resultante, sondern um die Einzelkräfte $p \, dm$ handelt. Die Festigkeit der Schubstange wird in Anspruch genommen durch das veränderliche Gleich-

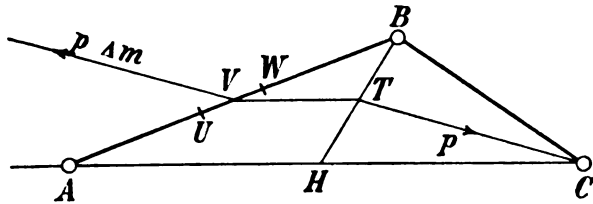


Fig. 5.

gewichtssystem, welches in jedem Augenblick gebildet wird von den äusseren Kräften und den gewendeten, d. i. in ihrem Sinn geänderten Kräften $p \, dm$. Diese letzteren sogenannten Trägheitskräfte bestimmt man in dem genannten Falle zweckmässig annäherungsweise, indem man (Figur 5) die Länge l der Schubstange in kleine Theile Δl zerlegt und den Mittelpunkt V einer jeden Theilstrecke

$$\overline{WU} = \Delta l$$

mit dem dieser Strecke entsprechenden Theil Δm der Schubstangenmasse behaftet. Die Beschleunigung

$$p = \omega^2 \overline{TC}$$

der Masse Δm wird den Gleichungen 3 gemäss durch den Schnittpunkt T der zu AC parallel gerichteten Geraden VT mit den Geraden BH bestimmt.

Die im Punkte V anzubringende Trägheitskraft

$$p \, \Delta m = \omega^2 \overline{CT} \, \Delta m$$

hat also die Richtung und den Sinn der Strecke $\overline{CT}$. Man zerlegt darauf sowohl die äusseren Kräfte als auch die Trägheitskräfte in Komponenten parallel und normal zur Schubstangenachse. Die erstgenannten Komponenten beanspruchen die Zugfestigkeit oder die Druckfestigkeit der Schubstange, während die letzteren eine Biegung der Stange verursachen.

Die im Vorstehenden behandelten Aufgaben sind in anderer Weise vielfach bereits gelöst worden. Wir nennen die folgenden Arbeiten:

Grashof, Theoretische Maschinenlehre, Band II, § 40.

Grashof, Festigkeitslehre, 2. Auflage, S. 120.

Pröll, Beschleunigungen einer Pleuelstange; Civilingenieur 1872, S. 109.

Bartl, Inanspruchnahme der Pleuelstange; Civilingenieur 1879, S. 241.

Rittershaus, Beschleunigungen am Kurbelgetriebe; Civilingenieur 1879, S. 461 und Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, Bd. XXVII.

Autenrieth, Trägheitskräfte einer Schubstange; Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, Band XXXIX, S. 716.

Ueber Eimerketten-Dampfbagger, deren Betrieb und Leistungen.

Von G. Grosch in Dresden.

(Hierzu Tafel XXII—XXVI.)

Einzelne technische Werke und Zeitschriften enthalten über die Konstruktion der Dampfbagger mehrere Beschreibungen; über die Leistungen dieser Apparate ist jedoch seither nur sehr wenig veröffentlicht worden, es dürften deshalb nachstehende Mittheilungen gerechtfertigt erscheinen.

Zur Ausführung der Baggerungsarbeiten auf der sächsischen Elbstromstrecke sind z. Zt. 4, der Kgl. Wasserbauverwaltung gehörende Eimerketten-Dampfbagger vorhanden, welche sich den grössten Theil des Jahres in Thätigkeit befinden, wenn nicht Störungen, die gewöhnlich durch Hochwasser verursacht werden, den Betrieb unterbrechen.

Die Dampfbagger werden in der Hauptsache nur für fiskalische Zwecke verwendet und nur in ganz seltenen Fällen an Private verliehen.

Die Baggerungsarbeiten für fiskalische Zwecke erstrecken sich:

1. auf Stromräumungen, um bei niederen Wasserständen auf knappen Stellen (Leichtstellen) eine genügende Fahrwassertiefe zu schaffen;

2. auf Elbstromberichtigungen; diese bestehen darin, ein für die Schifffahrt günstiges Fahrwasser zu erzielen, was eben nur durch Baggerung einerseits, und Anlegung von Leitwerken im Strome, welche zum grössten Theil aus den gewonnenen Baggermassen hergestellt werden, andererseits erreicht wird.

Drei dieser Bagger sind sogenannte Seitenbagger; dieselben haben auf jeder Seite einen Baggerapparat, von welchen jedoch stets nur einer beim Betriebe benutzt werden kann.

Ein jeder dieser Baggerapparate besteht aus einer endlosen Kette mit daran befestigten Baggereimern, die über zwei an den Enden eines leiterartigen Balkengerüsts angebrachten Kettentrommeln (Turas) läuft, und zwar dergestalt, dass die obere Kettentrommel, welche mit einer horizontalen Welle in unmittelbarer Verbindung steht,

durch letztere in Umdrehungen versetzt wird. Die Drehung der Trommel bewirkt die Fortbewegung der Eimerkette und sobald das untere Ende des Baggerapparates, welches mittelst eines Flaschenzuges und einer Winde gehoben und gesenkt werden kann, auf den zu baggernden Grund niedergelassen ist, das Eingreifen der Eimer in den letzteren; die Eimer füllen sich dadurch zugleich, und nachdem sie, auf der Baggerleiter aufwärts steigend, auf der oberen Trommel angelangt sind, schütten sie ihren Inhalt auf eine Rinne (Schlammklappe), bezw. in ein unter der letzteren gebrachtes Transportfahrzeug aus.

Die Baggerkettentrommeln oder Turasse bestehen aus je 2 auf die Baggerwelle fest aufgekeilten Scheiben, die durch 4 resp. 5 starke, 0,70 *cm* lange eiserne Querriegel miteinander verbunden sind. Diese Querriegel sind es, die, bei der durch die Maschine bewirkten Umdrehung des Turasses in die Eimerkette eingreifend, diese mit fortnehmen. Die letztere besteht aus einer doppelten Reihe von 0,60 *m* langen, 8 *cm* breiten und 3 *cm* starken stabförmigen Gliedern, die durch 0,60 *cm* lange Querbolzen oder Achsen miteinander verbunden sind. Jede Eimerkette besteht aus 40 bez. 42 derartigen Gliederpaaren und läuft auf 8 auf der Baggerleiter in Lagern gehenden Kettenrollen. An jeder Eimerkette befinden sich 20 Baggereimer (den Bagger III jedoch ausgenommen, an dessen Baggerketten sich 21 Baggereimer befinden), die durch Klauen und Bolzen befestigt sind und theils aus starkem Blech mit angenieteten Stahlschaufeln, theils aus starken, zugespitzten und an der Spitze verstärkten Eisenstäben bestehen. (Vgl. Tafel XXIV.)

Die ersteren (Blecheimer) haben 0,070 *cbm* Fassungsraum, die letzteren (Korbeimer) — von denen in jeder Baggerkette ungefähr 4 Stück eingeschalten werden — dienen hauptsächlich zur Auflockerung des Baggergrundes. Die Uebertragung der Kraft von der Maschine nach dem

oberen Turas geschieht bei diesen Baggern durch eine Kurbelstange, welche unmittelbar mit der Kolbenstange und der auf Deck gelagerten horizontalen Welle, an der sich eine exzentrische Scheibe befindet, verbunden ist.

Die Vorwärtsbewegung des Baggers erfolgt mit Hilfe einer durch die Maschine in Gang gesetzten Winde an der ausgelegten Ankerkette. Um das Vorrücken desselben während des Baggers nach Bedürfniss regeln zu können, ist an der Winde eine gewöhnliche Bremse angebracht, die, sobald sie angezogen wird, die Winde und mithin das Schiff zum Stillstand bringt.

Der vierte Bagger ist ein sogenannter Schlitzbagger, dessen Baggerapparat sich in einem Schlitz, welcher in der Längsachse des Schiffes angebracht ist, befindet.

Der Baggerapparat ist derselbe wie bei den übrigen Baggern, nur ist die Baggerleiter nicht von Holz, sondern vollständig von Eisen, auch sind die Kettenglieder und Achsen von viel stärkerer Beschaffenheit als bei den Seitenbaggern.

Das Ausheben der Baggerleiter erfolgt durch einen Flaschenzug, dessen Kette sich auf eine im Schiffe aufgestellte Winde aufwickelt. Erstere ist so konstruiert, dass sie sowohl mit Hilfe der Maschine, als auch mit Handbetrieb in Gang gesetzt werden kann.

Da der Baggerapparat des Mittelbaggers mit denjenigen der Seitenbagger im Wesentlichen übereinstimmt, so deckt sich auch der ganze Vorgang beim Betriebe des ersteren mit demjenigen des letzteren; nur geschieht die Uebertragung der Kraft von der Maschine nach dem oberen Turas bei ersterem in einer anderen Art und Weise, wie bei dem letzteren, und zwar erfolgt dieselbe durch Riemenbetrieb und durch konische Räder mittelst stehender Welle, an welcher ein konisches Rad horizontal aufgekeilt ist.

Das letztere greift in das auf der Turaswelle vertikal aufgekeilte konische Rad; sobald die stehende Welle, welche durch Uebertragung mit der Maschine verbunden ist, in Umdrehungen versetzt wird, übertragen sich letztere auf die Turaswelle und somit auf den Turas selbst, welcher dann den Baggerapparat in Bewegung setzt.

Die Vorwärtsbewegung dieses Baggers geschieht durch eine mit der Maschine mittelst Kraftübertragung in Verbindung gesetzte sogenannte Schiffswinde mit doppeltem Vorgelege an der ausgelegten Ankerkette. An dieser Winde ist eine Reibungskuppelung mit Bremse angebracht, um je nach Bedürfniss die Vorwärtsbewegung regeln zu können.

Die Besatzung ist auf allen 4 Dampfbaggern eine gleiche, sie besteht nämlich aus:

- 1 Bootsführer mit von 100—125 $\mathcal{M}$ steigendem monatlichen Gehalt und einer Auslösung von 40 $\mathcal{M}$ pro Monat während der Betriebszeit.

- 1 Maschinist mit 25 $\mathcal{M}$ Wochenlohn und

- 4 Bootsleuten mit je 22 $\mathcal{M}$ Wochenlohn.

Die Baggerbootsführer sind als Beamte angestellt und beziehen einen jährlichen festen Gehalt, wohingegen die Maschinisten und Bootsleute nur während der Betriebszeit, einschliesslich des Auf- und Abtakelns, den oben angeführten Lohn beziehen.

A. Dampfbagger Nr. I.

Der Dampfbagger Nr. I besteht aus einem hölzernen Schiffskörper, welcher auf der fiskalischen Schiffswerft in Dresden-Neustadt im Jahre 1877/78 an Stelle des am 12. August 1877 unterhalb der Marienbrücke in Dresden gänzlich verbrannten Baggers gleicher Nummer erbaut wurde. Die Erbauungskosten betrugen 9649 $\mathcal{M}$ 82 $Pfg.$ Die im Schiffe befindliche 12 PS starke Hochdruckmaschine ist von der Meissner Eisengiesserei und Maschinenbauanstalt (vorm. F. L. und A. Jacobi & Co.) erbaut.

Der Dampfkessel ist seiner Form und Bauart nach ein lokomobilartiger Röhrenkessel (zylindrischer Vorderkessel). Der Kessel hat im Betriebe eine Dampfspannung von 5 Atmosphären auszuhalten und ist demgemäss mit 10 Atmosphären Ueberdruck geprüft; derselbe ist von der Firma Carl Sulzberger in Flöha im Jahre 1878 unter der Fabriknummer 141 erbaut.

Die Dampfmaschine und der Kessel kosten zusammen 7949 $\mathcal{M}$ 43 $Pfg.$

Die Kosten der sonstigen erforderlichen Ausrüstung an Schiffs- und Maschineninventar betrugen 1691 $\mathcal{M}$ 49 $Pfg.$; demnach stellen sich die Gesamtkosten des Baggers Nr. I auf 19 290 $\mathcal{M}$ 74 $Pfg.$

Die Erbauungskosten haben sich deshalb nicht so hoch belaufen, weil verschiedenes, zum Theil noch gut erhaltenes Material vom verbrannten Bagger Nr. I verwendet werden konnte.

Bei vollständiger Ausrüstung hat der Dampfbagger Nr. I einen Tiefgang von 70 cm und holt die zu baggern den Massen aus einer Tiefe von 4 m unter dem bestehenden Wasserspiegel.

Der Kohlenverbrauch beträgt in der Stunde durchschnittlich 0,752 hl (böhmische) Braunkohlen.

In einem Arbeitstage (10 Arbeitsstunden) werden durchschnittlich 0,211 kg Talg und 0,150 kg Maschinenöl verbraucht.

B. Dampfbagger Nr. II.

Derselbe besteht aus einem im Jahre 1878/79 von der „Sächsischen Dampfschiff- und Maschinenbauanstalt“ in Dresden-Neustadt zum Preise von 19 600 $\mathcal{M}$ — $Pfg.$ erbauten eisernen Schiffskörper, besitzt eine 10 PS starke

einzelndrige Hochdruckmaschine, welche im Jahre 1847 von der Firma Hentschel & Sohn in Kassel erbaut wurde, und einen von erstgenannter Firma im Jahre 1888 verfertigten Dampfkessel, welcher 3900 $\mathcal{M}$ — Pfg. kostet.

Derselbe ist seiner Form und Bauart nach ein horizontaler zylindrischer Schiffskessel mit doppelreihigen Schiffsnähten und ebenen verankerten Böden, einem Wellenfeuerrohr, einer flachen verankerten Feuerkiste, 38 Stück Heizröhren, von welchen 6 Stück Ankerrohre sind, und einem Dampfdome mit gewölbter Decke. Das Material des Kessels besteht aus Schmiedeeisen und ist derselbe für 7 Atmosphären Betriebsüberdruck geprüft.

Bei vollständiger Ausrüstung hat der Bagger einen Tiefgang von 70 cm und holt die zu baggernden Massen aus einer Tiefe von 4,0 m unter dem vorhandenen Wasserspiegel.

Der Kohlenverbrauch beträgt in der Stunde durchschnittlich 0,821 hl (böhmische) Braunkohlen. In einem Arbeitstage (10 Arbeitsstunden) werden durchschnittlich 0,375 kg Talg und 0,210 kg Maschinenöl verbraucht.

C. Dampfbagger Nr. III.

Der Bagger Nr. III (s. Tafel XXIII) besteht aus einem im Jahre 1881 von der „Sächsischen Dampfschiffs- und Maschinenbauanstalt“ in Dresden-Neustadt zum Preise von 21 900 $\mathcal{M}$ erbauten Schiffskörper, einer von der Firma F. L. & A. Jacobi in Meissen gefertigten 15 PS starken einzylindrigen Hochdruckmaschine und einem von erstgenannter Firma im Jahre 1884 erbauten Dampfkessel, welcher 4300 $\mathcal{M}$ — Pfg. kostet.

Letzterer ist seiner Form und Bauart nach ein Zylinderkessel mit ebenen verankerten Böden, einem Feuerrohr (Wellenrohr) mit halbzyklindrischer Feuerbüchse, 36 rückkehrenden Heizröhren und Dampfdom und besteht mit Ausnahme dreier aufgenieteter Rohrstutzen aus Schmiedeeisen. Der Kessel ist für 6 Atmosphären Betriebsüberdruck geprüft.

Bei vollständiger Ausrüstung hat der Bagger einen Tiefgang von 65 cm und holt das Baggergut aus einer Tiefe von 4,5 m unter dem bestehenden Wasserspiegel.

Der Kohlenverbrauch beträgt in der Stunde durchschnittlich 0,885 hl (böhmische) Braunkohlen.

In einem Arbeitstage werden durchschnittlich 0,336 kg Talg und 0,212 kg Maschinenöl verbraucht.

D. Dampfbagger Nr. IV.

Der Dampfbagger Nr. IV (s. Tafel XXII) besteht aus einem eisernen Schiffskörper, hat eine Zwillings-Hochdruckmaschine (mit Kulissensteuerung) von 16 effektiven Pferdestärken, einem liegenden Schiffskessel und ist im Jahre

1888/89 von der „Sächsischen Dampfschiffs- und Maschinenbauanstalt der Oesterreichischen Nordwest-Dampfschiffahrts-Gesellschaft“ für den Preis von 42 800 $\mathcal{M}$ — Pfg. erbaut.

Der Kessel ist ein liegender Schiffskessel mit Fox-Patent-Wellenrohr und rückkehrenden Heizröhren von 23 qm Heizfläche, 7 Atmosphären Betriebsüberdruck und auf 10 $\frac{1}{2}$ Atmosphären geprüft. Das Material desselben besteht aus bestem Eisenblech.

Bei vollständiger Ausrüstung hat der Bagger einen Tiefgang von 70 cm und holt die zu baggernden Massen aus einer Tiefe von 4,0 m unter dem bestehenden Wasserspiegel.

Der Kohlenverbrauch beträgt in der Stunde 0,78 hl (böhmische) Braunkohlen.

In einem Arbeitstage werden durchschnittlich 0,215 kg Talg und 0,162 kg Maschinenöl verbraucht —

Zu jedem der 4 Dampfbagger gehören 10 hölzerne Baggerprahmen, welche dazu bestimmt sind, die Baggermassen abzuschiffen; es ist jedoch nicht ausgeschlossen, dass, wenn der Bagger noch mehr Rahmen beschäftigen kann, demselben noch mehr zugetheilt werden, z. B. beschäftigt der Bagger Nr. IV seiner grösseren Leistungsfähigkeit halber stets 12, auch manchmal 14 Rahmen.

Eine bestimmte Regel hinsichtlich der Zahl der für den Dampfbagger erforderlichen Transport-Rahmen lässt sich nicht aufstellen, weil dieselbe von der Entfernung der Entladestellen, den bestehenden Stromverhältnissen und Wassertiefen, in der Hauptsache aber von der Beschaffenheit der Flusssohle abhängig ist.

Die Rahmen sind von fichtenem Holz mit eichener Schale und eisernen Knien gebaut, haben eine Bodenlänge von 17 m , eine Breite von 2,6 m und eine Höhe von 1 m ; dieselben werden auf der fiskalischen Werft in Dresden-Neustadt gebaut.

Eine Rahme kostet mit vollständiger Ausrüstung z. Zt. ca. 1600 $\mathcal{M}$. Jede derselben ist zur Aufnahme einer Ladung von 10 cbm Baggermassen geacht. Die Besatzung einer Rahme besteht aus 4 Mann, dem Steuermann und 3 Bootsleuten.

Leistungsfähigkeit der Dampfbagger.

Was das Verhältniss der Leistungsfähigkeit eines Seitenbaggers zu der eines Mittelbaggers (Schlitzbaggers) anlangt, so muss nach den diesseitigen Erfahrungen mitgetheilt werden, dass der Mittelbagger den Seitenbaggern weit überlegen ist, denn eine Baggerprahme, welche 10 cbm Baggermassen fasst, wird von dem Seitenbagger bei einer guten Baggerung, d. h. wenn das Geschiebe nicht mit allzu groben Massen vermengt ist, in 7—8 Minuten vollgebagert,

dagegen werden hierfür bei dem Mittelbagger für dieselbe Menge nur 4—5 Minuten beansprucht. Im Wesentlichen hängen aber die Leistungen der Bagger ganz von den Stationsorten derselben ab, denn ein Bagger, welcher in dem I. Elbstrombezirk (d. i. von der böhmischen Landesgrenze abwärts bis Pillnitz) arbeitet, ist durchaus nicht im Stande, dasjenige zu leisten, was ein Bagger im II. Elbstrombezirk (von Pillnitz abwärts bis Niederwartha) oder gar im III. Elbstrombezirk (Niederwartha bis zur preussischen Landesgrenze) zu leisten vermag; das Geschiebe im I. Bezirk ist fast durchgängig gröber und bedeutend steinreicher als in den letztgenannten zwei Bezirken.

Um eine genauere Uebersicht über die Leistungen der Dampfbagger zu geben, folgt eine Aufstellung über die Leistungen der Dampfbagger Nr. I—III auf 20 Jahre und eine dergleichen für Dampfbagger Nr. IV seit dessen Inbetriebsetzung, d. i. seit 6 Jahren.

Dampfbagger Nr. I.

Jahr-gang	I. Bezirk cbm gef.	II. Bezirk cbm gef.	III. Bezirk cbm gef.	Arbeits-tage	Arbeits-stunden	Heiz-stunden	Kohlen-verbrauch
1875	—	—	38 539	143	1535	1718	1574
1876	17 940	250	19 510	76.1.62	1416	1578	1505
1877	—	23 390	—	98	924	1024	1024
1878	—	8390	47 140	28.178	1906	2116	1820
1879	20 750	7520	7250	123.24.16	1640	1828	1580
1880	—	38 630	—	167	1442	1622	1480
1881	—	43 070	—	188	1674	1864	1665
1882	—	—	33 200	121	1152	1275	1030
1883	—	—	51 520	171	1530	1708	1570
1884	27 113	—	—	154	1336	1420	1278
1885	—	21 260	—	131	1135	1272	910
1886	—	—	23 020	106	915	1027	884
1887	—	3290	30 640	12.161	1493	1670	1220
1888	—	4800	25 247	41.122	1516	1691	1169
1889	24 780	1290	—	133.12	1296	1461	1114
1890	—	—	22 780	104	933	1046	800
1891	26 370	—	—	130	1152	1294	1006
1892	—	30 204	—	112	1031	1157	831
1893	24 470	—	—	155	1357	1512	1024
1894	—	—	23 060	98	846	944	710

Nach vorstehender Zusammenstellung hat der Dampfbagger Nr. I innerhalb dieser 20 Jahre gefördert:

- Im 1. Elbstrombezirk in 771 Arbeitstagen 141 423 *cbm*, d. i. in einem Arbeitstage (10 Arbeitsstunden) 183,43 *cbm*;
- Im 2. Elbstrombezirk in 814 Arbeitstagen 182 094 *cbm*, d. i. in einem Tage 223,70 *cbm*;
- Im 3. Elbstrombezirk in 1282 Arbeitstagen 321 906 *cbm*, d. i. in einem Tage 251,09 *cbm*.

Hieraus ergibt sich, dass der Bagger Nr. I im zweiten Elbstrombezirke in einem Tage 40,22 *cbm* und im dritten

67,66 *cbm* Massen mehr gefördert hat, als im ersten Elbstrombezirke.

Die durchschnittliche Förderung betrug 226,52 *cbm* für den Tag.

Dampfbagger Nr. II.

Jahr-gang	I. Bezirk cbm gef.	II. Bezirk cbm gef.	III. Bezirk cbm gef.	Arbeits-tage	Arbeits-stunden	Heiz-stunden	Kohlen-verbrauch
1875	—	—	40 952	160	1676	2344	1460
1876	930	18 356	17 050	6.82.62	1542	2174	1300
1877	44 878	—	—	208	1887	2640	1845
1878	—	36 211	—	189	1653	2365	1830
1879	—	39 320	—	152	1376	1955	1494
1880	—	—	51 024	150	1411	1961	1785
1881	18 050	4210	—	21.108	1160	1613	1320
1882	—	20 730	16 290	89.67	1398	1908	1250
1883	7640	38 828	—	36.121	1530	2226	1520
1884	—	—	37 708	141	1253	1772	1340
1885	29 460	—	—	146	1315	1857	1140
1886	—	—	25 130	107	998	1383	830
1887	14 870	5290	—	107.33	1201	1621	1210
1888	12 270	—	3930	87.18	876	1160	1060
1889	—	6380	31 057	23.145	1502	1851	1387
1890	22 210	—	—	125	1109	1362	1327
1891	—	9960	41 420	42.141	1597	1970	1730
1892	—	35 990	—	162	1461	1783	1429
1893	—	18 920	20 494	82.105	1654	2028	1638
1894	28 140	—	—	133	1150	1410	1168

Die Leistungen des Dampfbaggers Nr. II ergeben nach vorstehender Zusammenstellung, dass derselbe in 20 Jahren:

- Im 1. Elbstrombezirk in 959 Arbeitstagen 178 448 *cbm*, d. i. in einem Tage 186,08 *cbm*;
- Im 2. Elbstrombezirk in 976 Arbeitstagen 227 815 *cbm*, d. i. in einem Tage 233,34 *cbm*;
- Im 3. Elbstrombezirk in 1096 Arbeitstagen 285 055 *cbm*, d. i. in einem Tage 260,09 *cbm* Baggermassen gefördert hat.

Demnach hat der Bagger Nr. II. im 2. Elbstrombezirke in einem Arbeitstage 47,26 *cbm* und im 3. Elbstrombezirke 74,01 *cbm* Massen mehr gefördert als im 1. Elbstrombezirke.

Die durchschnittliche Förderung betrug 228,67 *cbm* für den Tag.

Die Leistungen des Dampfbaggers Nr. III ergeben aus nachstehender Zusammenstellung, dass derselbe in den letzten 20 Jahren:

- Im 1. Elbstrombezirk in 694 Arbeitstagen 143 230 *cbm*, d. i. in einem Tage 206,38 *cbm*;
- Im 2. Elbstrombezirk in 1084 Tagen 246 620 *cbm*, d. i. in einem Tage 227,51 *cbm*;
- Im 3. Elbstrombezirk in 1036 Tagen 272 384 *cbm*, d. i. in einem Tage 262,91 *cbm* Baggermassen gefördert hat.

Dampfbagger Nr. III.

Jahr- gang	I. Bezirk cbm gef.	II. Bezirk cbm gef.	III. Bezirk cbm gef.	Arbeits- tage	Arbeits- stunden	Heiz- stunden	Kohlen- ver- brauch
1875	17 890	8996	—	90.58	1441	1766	1535
1876	—	25 010	—	117	1141	1892	1245
1877	—	—	56 840	199	1819	2135	2064
1878	24 220	17 990	—	110.87	1754	2136	2270
1879	—	33 210	33 050	101.95	1809	2204	2527
1880	24 050	—	—	117	1024	1254	1841
1881	—	31 177	—	150	1263	1657	1565
1882	24 530	—	—	128	1150	1404	1300
1883	14 150	980	—	71.9	699	859	765
1884	—	30 591	—	141	1215	1496	1190
1885	—	—	42 600	165	1482	1810	1378
1886	2550	18 250	—	12.106	1037	1269	915
1887	—	2089	23 142	16.131	1284	1577	1206
1888	—	22 527	15 775	88.81	1520	1866	1640
1889	—	—	41 180	131	1154	1424	1316
1890	—	—	41 890	151	1323	1633	1328
1891	—	28 670	12 530	92.58	1365	1671	1444
1892	29 130	—	—	139	1258	1535	1124
1893	7610	—	5377	27.25	438	546	489
1894	—	27 130	—	119	1081	1254	1100

Demnach hat der Bagger Nr. III im 2. Elbstrombezirk in einem Arbeitstage 21,13 cbm und im 3. Elbstrombezirk 56,53 cbm Massen mehr gefördert als im 1. Elbstrombezirk.

Die durchschnittliche Beförderung betrug 235,42 cbm für den Tag.

Dampfbagger Nr. IV.

Jahr- gang	Bezirk	gef. Massen cbm	Arbeits- tage	Arbeits- stunden	Heiz- stunden	Kohlen- ver- brauch
1889	2	41 470	142	1259	1606	1270
1890	2	32 350	123	1065	1317	1040
1891	2	44 380	161	1377	1698	1240
1892	3	34 075	138	1220	1428	1084
1893	2	49 615	173	1594	1816	1502
1894	2	47 709	186	1737	2087	1643

Die Zusammenstellung über die 6jährigen Leistungen des Dampfbaggers Nr. IV zeigen, dass derselbe:

- Im 3. Elbstrombezirk in 138 Tagen 34 075 cbm, d. i. in einem Tage 246,91 cbm und
- im 2. Elbstrombezirk in 785 Tagen 215 524 cbm, d. i. in einem Tage 274,55 cbm Baggermassen gefördert hat.

Der Grund zu dieser Erscheinung liegt zum Theil in der zufälligen vortheilhafteren Ausnutzung (geringere Transportweite des geförderten Baggergutes u. s. w.) bei den Baggerungen im 2. Elbstrombezirk.

Die durchschnittliche tägliche Förderung betrug 270,42 cbm.

Die durchschnittliche tägliche Leistung eines der vier Dampfbagger ergibt sich zu 280,51 cbm.

Die Kosten der Baggerung fallen natürlich ganz verschieden aus, da dieselben von den verschiedensten Umständen, als der Beschaffenheit des Geschiebes, dem Wasserstande, der Transportweite u. s. w. abhängig sind; es folgt daher zur genaueren Uebersicht eine Tabelle über die Kosten der Baggerungen in allen drei Elbstrombezirken während der letzten zehn Jahren, dieselben betrugen:

1885 für 1 cbm geförderte Masse = 0,62 $\mathcal{M}$

1886 " 1 " " " 0,67 "

1887 " 1 " " " 0,76 "

1888 " 1 " " " 0,79 "

1889 " 1 " " " 0,70 "

1890 " 1 " " " 0,72 "

1891 " 1 " " " 0,74 "

1892 " 1 " " " 0,77 "

1893 " 1 " " " 0,83 "

1894 " 1 " " " 0,76 "

Hiernach berechnen sich die Kosten der Baggerung mit einem der vier fiskalischen Dampfbagger auf der sächsischen Elbstrecke für 1 cbm geförderte Masse durchschnittlich zu 0,74 $\mathcal{M}$.

Hierzu kommen noch die Kosten für den Dampfbagger selbst, Tilgung (einschl. der Bootsmeister-, Maschinistenlöhne) u. s. w. Ebenso muss auch ein Theil für Abnutzung der Transport-Fahrzeuge und sonstige bei den Baggerungen zu verwendende Geräthschaften gerechnet werden; diese belaufen sich zusammen auf rund 100 $\mathcal{M}$ in einem Arbeitstage, also durchschnittlich für 1 cbm geförderte Masse $\frac{100}{280,51} = 0,35 \mathcal{M}$ und ergeben sich somit die Gesamtkosten zu $0,74 + 0,35 = 1,09 \mathcal{M}$.

Die hier mitgetheilten Beobachtungen über Heiz- und Arbeitsstunden, Kohlenverbrauch und Fördermengen sind auf den zugehörigen Tafeln XXV und XXVI mittelst einer graphischen Darstellung zu deutlicherer Anschauung gebracht.

Mittheilungen über Entwässerung steinerner Eisenbahnbrücken.

Von

Eisenbahn-Bauinspektor **F. Rohrwerder.**

(Hierzu Tafel XXVII.)

Vorbemerkung: Der nachfolgende Vortrag sollte vor fast 3 Jahren auf der Frühjahrsversammlung des Sächsischen Ingenieur- und Architekten-Vereins, am 14. Mai 1893, vom Unterzeichneten gehalten werden. Es kam aber wegen Zeitmangels nicht dazu, und als er für die 184. Versammlung, am 8. Dezember 1893, angekündigt war, erlitt der Unterzeichnete kurz vorher einen Schlaganfall. — Der Vortrag enthält lediglich den Sachstand von 1893 und wird hier veröffentlicht, um des Unterzeichneten zahlreichen Freunden zugleich Nachricht von seiner anhaltenden Genesung zu geben.

Rohrwerder.

Meine Herren! Wenn der alte Pindar sagt: *Ἄριστον μὲν ὕδωρ* (Wasser ist das Beste), so hat er zwar allen Wasserdoktoren und Naturheilkundigen, insbesondere auch dem Pfarrer Kneipp und seinen Konkneipanten aus der Seele gesprochen, den Ingenieuren aber nicht. Wenn es nach diesen ginge, so müsste der Ausspruch schon etwas variirt werden, vielleicht nach Analogie von Schiller's Glocke: „Wohlthätig ist des Wassers Macht, wenn es der Mensch bezähmt, bewacht!“ Und auch das gilt eigentlich nur für die Wasserbauingenieure, welche das Wasser sozusagen mit dem Wasser bekämpfen und es mit seiner elementaren Macht zu thun haben. Für uns Eisenbahningenieure, die seltener eigentliche Wasserbauten ausführen und dann meist in lebenswürdiger Weise durch Kollegen vom Spezialfach unterstützt werden, giebt es, ganz abgesehen von persönlichen Abneigungen, nichts Unerfreulicheres, als das Wasser, und zwar das Wasser mit seinen heimlichen zerstörenden und zersetzenden Wirkungen, die sich steigern durch Frost — überhaupt Temperatureinflüsse — und durch die Erschütterungen des Betriebes.

In diesen — nicht in seinen elementaren — Wirkungen ist das Wasser ein Hauptfeind des Eisenbahningenieurs, ein Feind, der langsam, aber sicher am Untergange seiner Schöpfungen arbeitet. Da es nun die Aufgabe des Ingenieurs ist, nicht nur schöne und gute Bauten auszuführen, sondern dieselben auch für die Dauer gut zu erhalten, so müssen wir den verderblichen Wirkungen des Wassers nachgehen und dieselben, wenn wir sie nicht ganz beseitigen können, durch rationelle Vorkehrungen wenigstens nach Möglichkeit abschwächen.

Wir erkennen die heimlichen zerstörenden Wirkungen des Wassers am Holz, am Metall (insbesondere Eisen) und am Stein.

Das Holz suchen wir durch Imprägnirung zu schützen,

welche eine tief eindringende, nicht eine oberflächliche sein muss. Wir haben in Sachsen eine bewährte Imprägnirungsmethode, die uns das Holz beim Oberbau, wo es in Form von Schwellen in Massen verbraucht wird, in wirksamer Weise schützt. Hand in Hand mit dem unmittelbaren Schutz des Holzes müssen selbstverständlich die vorbeugenden Maassregeln einer guten Entwässerung der Bettung gehen. Wir werden, nachdem wir ein gutes Mittel gefunden haben, den Verbrauch des Schwellenholzes einzuschränken und von der Kofferbettung — diesem Grab des Oberbaues — ganz abgekommen sind, den Holzschwellenoberbau nicht so bald aufzugeben brauchen und die weitere Entwicklung des eisernen Oberbaues ruhig abwarten können.

Den zerstörenden Wirkungen, welche das Wasser am Metall, insbesondere am Eisen, hervorbringt, suchen wir durch zweckmässige Konstruktionsformen und durch einen zweckmässigen Anstrich zu begegnen, und man bemüht sich seit Jahren, eine Schutzfarbe zu finden, welche das Metall nicht nur wie eine leicht abziehbare Haut umhüllt, sondern sich fest mit demselben verbindet. Zu erwähnen sind die Anstrichversuche mit den verschiedenen Patent-, den Diamant-, Platin- u. s. w. Farben, welche keinen grossen Erfolg gehabt haben, ferner die Verzinkung und Vernickelung. Man macht jetzt neue Versuche mit Theer-, Asphalt-, Schuppenpanzerfarbe u. s. w. und betont mit Recht die vorherige sorgfältige Entrostung der Konstruktionstheile im Säure-, Kalk- und Heisswasserbad. — Es ist sehr zu wünschen, dass der Universalschutzanstrich recht bald gefunden wird; unsere Eisenkonstruktionen sind Mangels desselben Gefahren ausgesetzt, welche lange Zeit unterschätzt wurden.

Wenn man dem Schutze des Holzes und der Metalle gegen die unmittelbar und mittelbar zerstörenden Wirkungen des Wassers bereits seit längerer Zeit seine Aufmerksamkeit geschenkt hat, so ist das in nicht minderem Grade auch beim Stein der Fall gewesen. Bei den Hoch- und Kunstbauten der Alten schon finden wir den Grundsatz durchgeführt, auf das Bauwerk treffende, in dasselbe eindringende Feuchtigkeit möglichst rasch auf dem kürzesten Wege abzuführen.

Bei den Kunstbauten ist dies schwieriger als bei den Hochbauten, wo man das Dach hat. Die Kunstbauten ebenfalls mit Dächern zu versehen, wird überall auf Schwierigkeiten stossen, wo man das Dach mit dem Bau selbst nicht in organischen Zusammenhang bringen kann.)*

Unter den Kunstbauten sind die Strassenbrücken gegen auftretende Feuchtigkeit leichter zu schützen, als die Eisenbahnbrücken. Bei den einbogigen Brücken gestaltet sich der Schutz des Mauerwerkes einfach, bei den mehrbogigen erfordert er ein Studium. Bei den Strassenbrücken bildet die Fahrbahn an sich schon einen guten Schutz, eine dichte Decke, so dass oft nur die geringen Sickerwässer abgeleitet werden müssen; bei den Eisenbahnbrücken sind wegen der wasserdurchlässigen Oberbaubettung auch die Tagewässer vom Rücken der Gewölbe fern zu halten oder abzuführen. Die Eisenbahnbrücken leiden auch selbstverständlich mehr unter den Erschütterungen durch die Fahrzeuge, und die eindringende Feuchtigkeit erweitert die entstehenden Risse im Zusammenwirken mit dem Frost gar bald zur klaffenden Wunde.

So finden wir in Sachsen, namentlich an den alten Linien Riesa-Chemnitz und Kieritzsch-Chemnitz, dass die meisten grossen Steinbrücken durch die mehrerwähnten Einwirkungen des Wassers trotz der angeordneten umfangreichen Abdeckungs- und Entwässerungsvorrichtungen ausserordentlich gelitten haben.

Je nach der Bauart der Brücke und nach den örtlichen Verhältnissen, auch abhängig von dem Vorhandensein etwaiger Spandrillräume, muss bei mehrbogigen Eisenbahnbrücken die Art der Abführung der Tage- und Sickerwässer eine sehr verschiedene sein. Man kann das Wasser nur bei vorhandenem ausreichenden Längsgefälle und bei kurzen Brücken auf den ausgemauerten Bogenwickeln oder übermauerten Spandrillen hinter die Widerlager führen; häufiger wird man es nach den Stirnen oder durch die Gewölbe im Scheitel bezw. zunächst der Anfänger ableiten, oder man wird, wenn die Abführung durch die Gewölbe mit Rücksicht auf den zu unterführenden Verkehr erschwert wird, das in die Bettung eindringende Wasser mittelst Anlagen fortschaffen, welche in oder über den Pfeilern eingebaut werden. Ein gewisser architektonischer Typus, das sogenannte Ochsenauge, unterstützt die öftere Anwendung der letztgenannten Entwässerungen, obwohl dem Grundsatz: „das Wasser auf dem kürzesten Wege abzuführen“ gerade bei dieser Anordnung am wenigsten genügt wird.

Zweckmässiger erscheint die Entwässerung nach den Stirnen, besonders bei flachen Gewölben; aber die so angeordneten Anlagen leiden bei Eisenbahnbrücken oft am Mangel eines genügenden Längsgefälles bei vorhandenem starken Quergefälle, so dass das Wasser leicht in die Risse eindringt, welche sich in Folge der Betriebserschütterungen

*) Vergl. Köpcke's Aufsatz „Ueber Steinbauten unter Eisenbahngeleisen“ im Jahrgang 1889, S. 269, und Pilz' Aufsatz „Das eiserne Schutzdach der gewölbten Eisenbahnbrücke über die schwarze Röder bei Kleinwolmsdorf“ im Jahrgang 1894, S. 329 dieser Zeitschrift. Bei letzterer Brücke ist es allerdings gelungen, das Dach mit dem Bau in organischen Zusammenhang zu bringen.

und der treibenden Kräfte der ausfrierenden durchnässten Verfüllmassen längs des Stirnmauerrückens bilden. Auch wird es von der Beschaffenheit des Steinmaterials abhängen, ob man diesem ohne Schädigung, namentlich an der Wetterseite, die Ablaufwässer zuführen darf. Die derartig angewendeten seitlichen Abführungen sind übrigens meist nicht zahlreich genug.

Ausser dem Grundsatz, das Wasser auf dem kürzesten Wege abzuführen, sind noch die Bedingungen aufzustellen, dass durch die Entwässerungsanlagen diese Abführung in der kürzesten Zeit und vollständig bewirkt werde, und endlich müssen auch die angeordneten Anlagen leicht zugänglich sein.

Eine mittelbare Abführung der in die Bettung eindringenden Tagewässer durch die Spandrillräume ermöglicht zwar die leichte Zugänglichkeit, erhöht aber die Zeit- und Wegmaasse und begegnet der vollständigen Abführung durch eintretende Verdunstung und durch Niederschläge an den kalten Spandrillwänden. Die Verdunstung schafft das Wasser nicht fort, sondern vertheilt es nur auf grössere Flächen und bringt es an Stellen, wo die Unterhaltung, welche dem Einnässen des Bauwerkes vorbeugen soll, eine schwierige ist. — Voraussetzung für die dauernde gute Wirksamkeit einer Entwässerungsanlage bei steinernen Eisenbahnbrücken ist in vielen Fällen, dass das eingebrachte durchlässige Verfüllmaterial auch seine Durchlässigkeit behält, und dass das Wasser von dem ihm anfänglich angewiesenen Ablaufwege nicht durch Veränderungen im Bauwerke, Verschlemmung zu enger Rohre und Deckkanäle, Einfrieren, sowie durch mangelndes Gefälle abgelenkt und zurückgehalten wird. Diese geschilderten Uebelstände sind aber in der That, trotz anfänglich bester Ausführung, im Laufe der Zeit bei den Entwässerungsanlagen zahlreicher grösserer steinerner Eisenbahnbrücken eingetreten.

Ich beschränke mich darauf, als Beleg einige Bauwerke der sächsischen Linien Riesa-Chemnitz und Kieritzsch-Chemnitz anzuführen.

Beim Neumilkauer Viadukt, an der Linie Chemnitz-Riesa, einem kleinen Bauwerk von 70 m Länge, 16,5 m Höhe, mit 7 halbkreisförmigen Bogen von Bruchstein bis 8,5 m Spannweite, 5 Mittelpfeilern und aufgelösten Widerlagern, bestand die ursprüngliche Entwässerungsanlage in Querdeckkanälen geringeren Querschnitts (20×22 cm), welche über den Pfeilern mit Traufsteinen ausmündeten. Das Tagewasser sollte den Kanälen durch Einfallschrote von durchbrochenem Ziegelmauerwerke von der Planie aus zugeführt werden. Diese Schrote hatten verhältnissmässig grosse Tagewassermengen von längeren Planiestrecken aufzunehmen, die Ausgüsse zeigten aber absolut keinen Wasseraustritt, weil die zufließenden Tage- und Sickerwässer ihren Weg durch die in Folge des Betriebes und der Frostwirkungen entstandenen Risse und Sprünge in den unzugänglichen Sohlen der Entwässerungskanäle, hauptsächlich durch die Pfeiler hindurch, nahmen und deren Mauerwerk der Lockerung und Verwitterung entgegenführten.

Am zweistöckigen Diedenmühlen-Viadukt bei Waldheim, welcher in den Jahren 1846 bis 1852 mit einem Kostenaufwande von 819 500 $\mathcal{M}$ ausgeführt wurde

und der bei 170 m Länge und 52 m grösster Höhe 16 Oeffnungen von 7,4 bis 14,2 m Spannweite besitzt, hat sich die alte Entwässerungsanlage mit der Ableitung nach den Stirnmauern ebenfalls als nachtheilig für das Bauwerk herausgestellt. Die Ausspeier führten dort das Wasser zu meist den Stirnseiten der Pfeiler, sowie den Gewölben der oberen Bogengallerie zu und beschleunigten die Verwitterung und Zerstörung des Ziegelmauerwerks. In Folge der mangelhaften oder durchlässig gewordenen Abdeckung der Spandrillgewölbe drangen die Sickerwässer zum grossen Theile in die letzteren und in die Bögen ein und zerstörten dort ebenfalls das Mauerwerk, während nur ein kleiner Theil der Wässer seinen Ablauf durch die Ausgüsse in den Pfeilerzwickeln und durch die engen Eisenrohre unter der Brüstung nahm.

Dieselben Uebelstände hinsichtlich der Entwässerungsanlage stellten sich an der Linie Riesa-Chemnitz bei dem ebenfalls zweistöckigen, 171 m langen, 41 m hohen Heiligenborner Viadukt heraus, welcher mit 772 300 $\mathcal{M}$ Aufwand erbaut worden ist. Dort hatten sich in Folge ungünstiger Druckvertheilung der hochaufgemauerten Brüstungen die Stirnen der oberen Bogengallerien abgetrennt, und das Tagewasser wurde nunmehr den entstandenen Rissen und Fugen zugeführt.

Ähnliche ungünstige Erfahrungen wurden an der Linie Kieritzsch-Chemnitz mit den Entwässerungsanlagen am Burgstädter, Geithainer und Niedergräfenhainer Viadukt, sowie an der Göhrener Brücke gemacht.

Beim Niedergräfenhainer Viadukt (200 m lang, einstöckig, mit 12 Bögen von 7 bis 17 m Spannweite) musste früher sämmtliches in die Bettung eindringende Tagewasser erst auf dem mit sehr undicht gewordener Zementabdeckung versehenen Gewölberücken nach den Tiefpunkten der Pfeilerzwickel durchsickern, wo es mittelst trocken hergestellter Querdeckschleussen nach den Ochsenaugenausgüssen geführt wurde.

Die in Brückenmitte über den Deckschleussen angeordneten Einfallschrote lagen mit ihren Einläufen so hoch, dass nur ein sehr geringer Theil der Tagewässer ablaufen konnte. Da die Verfüllmassen der Bogenzwickel ihre ursprüngliche Durchlässigkeit nicht behalten hatten, die vollkommen unzugänglichen Deckkanäle in den Tiefpunkten der Pfeilerzwickel aber bald verschlemmt worden waren, so drangen die Wässer entweder durch die eingesennten Sandsteingewölbe hindurch oder sickerten in das Innere der Pfeiler hinab, so dass sie zum Theil erst an der Pfeilersockelschicht zu Tage traten. Eine Zerstörung der Gewölbe und Pfeiler musste selbst bei der guten Ausführung des Bauwerkes und der besonderen Güte des Steinmaterials in kurzer Zeit zu erwarten sein.

Die Muldenbrücke bei Göhren, an der Kieritzsch-Chemnitzer Linie, eine der schönsten zweistöckigen Brücken, welche in den Jahren 1869 bis 1871 mit einem Aufwande von 3 155 200 $\mathcal{M}$ hergestellt worden ist, hat bei 412 m Länge eine grösste Höhe von 68 m, 27 Oeffnungen von 12 bis 26 m Spannweite und Gurtbogen in halber Bauwerkshöhe. Ueber den Gewölben der 12 Hauptbogen der eigentlichen Thalbrücke bestehen nebeneinander drei ab-

gedeckte, durch Einsteigeschrote zugängige Spandrillräume, während der Landbogen theil ohne Hohlräume, bis 3,5 m unter Planie in den Zwickeln abgedacht aufgemauert, mit sandigen Massen verfüllt war. Vergl. Tafel XXVII.

Die Abführung des auf die Brücke fallenden Tagewassers geschah nun auf dem Haupttheil und auf dem Landbogen theil in verschiedener Weise. Das zu Tage abzuleitende Wasser wurde von der Brückenachse nach den Stirnmauern hingeführt und floss über den Landbogen auf muldenförmigen Ausgusssteinen unmittelbar unter den Stirndeckplatten, über den Hauptbogen durch gusseiserne Schrote auf tiefer liegenden Ausgusssteinen nach aussen ab. Das in die sandigen Verfüllmassen eindringende Sickerwasser dagegen wurde auf dem Rücken der Landbogen nach den Pfeilerzwickeln geleitet und sollte hier seinen Abfluss in etwa 0,10 m i. L. weiten Rohren durch die Gewölbeanfänge hindurch finden. Diese unzugängliche Wasserabführung war sehr mangelhaft, weil sich die Rohre leicht verstopften oder zufroren. Auf dem Haupttheil der Brücke sind die Spandrilldeckplatten schräg nach aussen und in der Längsrichtung auf- und niedersteigend verlegt. Das Sickerwasser wurde von der Brückenachse nach den Stirnmauern hingewiesen und sollte an deren Rückseite nach den Tiefpunkten laufen, wo es muldenförmige Ausgusssteine nach aussen zu führen hatten. Da aber diesen Ausgusssteinen durch die vorgenannten gusseisernen Schrote in den Stirnmauern auch das zu Tage abzuleitende Wasser zugeführt wurde, welches sandige Bestandtheile mit fortschwemmte, so verstopften sich die Ausgüsse und hinderten den Abfluss des von der Spandrilldecke kommenden Wassers, welches nunmehr längs der Stirnmauerrückwand hindurchsickerte und in die Gewölbe und Pfeiler kam. Man konnte ganz deutlich beobachten, dass die Gewölbe unter der Stirnmauerrückfläche und unter den Tiefpunkten der Spandrilldecke stets feucht waren. In Folge der unzweckmässigen Wasserabführung bei der Göhrener Brücke sickerte das Wasser durch fast sämmtliche Bögen und Pfeiler und trat bei letzteren zum Theil erst in Sockelhöhe wieder heraus. Eine baldige Beseitigung dieser Uebelstände war dringend erforderlich, wenn das mit gutem Material vorzüglich ausgeführte schöne Bauwerk unversehrt bleiben sollte.

Es ist das Verdienst des Herrn Geh. Finanzrath Schulze im Finanzministerium, den Entwässerungsanlagen der grossen sächsischen Viadukte bei der Bahnunterhaltung seine ganz besondere Aufmerksamkeit gewidmet zu haben. Herr Geheimrath Schulze, welchem hervorragende langjährige praktische Erfahrungen zur Seite stehen, hat zugleich aber auch im Zusammenwirken mit den technischen Referenten der Kgl. Generaldirektion Verbesserungen in der Wasserabführung ermittelt, für dieselben erhebliche Geldmittel erwirkt und Ein- und Umbauten ermöglicht, durch welche den Gefahren, die den grösseren Viadukten in Folge der Mängel bei den Entwässerungsanlagen drohten, wirksam begegnet werden konnte.

Ich beschränke mich bei den folgenden Angaben wieder auf die Linien Riesa-Chemnitz und Kieritzsch, Chemnitz.

An der erstgenannten Linie sind die Verbesserungen

der Entwässerungsanlagen zu gleicher Zeit mit grösseren Instandsetzungen der Mauerkörper ausgeführt worden, auf denen sich seit fast 50 Jahren der Betrieb bewegt, und zwar:

- 1) beim Neumilkauer Viadukt im Jahre 1888 mit 16 000 $\mathcal{M}$ Kostenaufwand;
- 2) beim Heiligenborner Viadukt in den Jahren 1889 und 1890 mit 107 100 $\mathcal{M}$ Aufwand;
- 3) beim Diedenmühlen-Viadukt in den Jahren 1890 und 1891 mit 84 100 $\mathcal{M}$ Kosten und
- 4) beim Saalbach-Viadukt im Jahre 1892 mit 20 400 $\mathcal{M}$ Aufwand.

An der Linie Kieritzsch-Chemnitz verursachten lediglich die Einbauten zur Verbesserung der Wasserabführung die nachfolgenden Kosten, weil die erforderlich gewordenen Instandsetzungsarbeiten an den Gewölben und Pfeilern erst später vorgenommen wurden, und zwar:

- 1) beim Burgstädter Viadukt in den Jahren 1887/88 31 600 $\mathcal{M}$,
- 2) beim Geithainer Viadukt in den Jahren 1888/89 15 300 $\mathcal{M}$;
- 3) bei der Göhrener Muldenbrücke in den Jahren 1890/91 78 500 $\mathcal{M}$;
- 4) beim Niedergräfenhainer Viadukt in den Jahren 1891/92 45 200 $\mathcal{M}$.

Allein bei diesen beiden Linien sind also in der Zeit von 1888 bis 1892 ganz beträchtliche Mittel (fast 400 000 $\mathcal{M}$) zur Erhaltung der Bauwerke verwendet worden. Dabei ist zu bemerken, dass bereits 1881 bis 83 an der Kieritzsch-Chemnitz Linie die Entwässerungsanlagen der Wyhrthalbrücke, des Cossener Viaduktes und des gewölbten Theiles der Chemnitzthalüberbrückung umgebaut worden waren; die Verbesserungen sind aber hier, was die Wyhrthalbrücke anlangt, ungenügend und bei den anderen Bauwerken in weniger vollkommener Weise durchgeführt.

Ich muss mich nun darauf beschränken, die Schulze'sche Methode der verbesserten Wasserabführung an dem Bauwerk zu schildern, dessen Entwässerungsverbesserung ich als Vorstand der Bauinspektion Geithain in den Jahren 1890 und 1891 selbst ausgeführt habe: an der Göhrener Muldenbrücke. Bei diesem Bauwerke ist auch die Schulze'sche Verbesserung, welche verschiedene Entwicklungsstadien durchgemacht hat, vollkommen durchgeführt.

Ich bemerke noch, dass das Material für die Beschreibung der Verbesserung von Entwässerungsanlagen steinerner Brücken ausserordentlich umfangreich ist. Es ist nicht meine Absicht, erschöpfende Mittheilungen zu machen, sondern ich möchte nur zu weiteren Mittheilungen anregen über Unterhaltungsbauten, deren Wichtigkeit wohl bisher noch unterschätzt worden ist.

Herr Bauinspektor Geyer in Döbeln, welcher den ausserordentlich umfangreichen Wiederherstellungsarbeiten an der Linie Riesa-Chemnitz seine ganz besondere Thätigkeit gewidmet hat, würde in der Lage sein, besonders über die schwierigen Instandsetzungen am Heiligenborner Viadukt interessante Bauausführungsdetails zu geben, und auch die Herren Dressler, Kreul, Kaiser u. A. werden bereits reiche Erfahrungen gewonnen haben. Ich selbst habe meine Kenntniss über den Gegenstand dieser Mittheilungen nur

an zwei Bauwerken, an der Göhrener Brücke und am Niedergräfenhainer Viadukt, erlangt.

Zur Beseitigung der vorher kurz geschilderten Uebelstände bei der Wasserabführung an der Göhrener Muldenbrücke wurde der ganze Raum über der Spandrilabdeckung des Brückenhaupttheiles bezw. über den Pfeilerzwickeln und Gewölberücken der Landbogen, nach vorheriger vollständiger Aushebung der Verfüllmassen und Wiederinstandsetzung der Gewölbeabdeckung, mit einem mageren Kalkbeton ausgefüllt. Dieser eingestampfte Kalkbeton, im Mischungsverhältniss von 1 Theil hydraulischem Kalk, 3 Theilen Sand, 6 bis 8 Theilen grobem bis feinem Knack (Schotter) bereitet, wurde mit einer 10 cm starken Schicht gröberen bis feineren Zementkalkbetons, im Mischungsverhältniss $\frac{1}{5}$ Theil Kalkmilch, $\frac{4}{5}$ Theil Zement, 3 Theilen Sand mit 5 Theilen feinen Knackes oder 5 Theilen gefegten groben Kiesel überzogen und die Oberfläche dieser Betonirung, welcher ein Seitengefälle von 1:20 nach der Brückenmitte zu geben war, mit einer 1 cm starken Zementmörteldecke abgeglichen, sowie noch mit Asphaltfilzplatten von 1 cm Stärke derart abgedeckt, dass das Wasser nirgends durch diese Lage hindurch nach dem Beton und den Gewölben oder nach den Spandrillräumen und Stirnmauern gelangen konnte. Auf das gute Einbinden des Betons in die Stirnmauer und auf das Untergreifen der Zement- und Asphaltfilzdecke unter die Stirndeckplatten war ganz besonders zu sehen. Auf der Brückenmitte gelangte nun das von den Stirnmauern herzugeführte Wasser in gemauerte, leicht zugängliche Kanäle, deren Sohle aus einem gut in Gefälle mit Hakenstoss verlegten, mit Zementmörtel innen glatt geriebenen Sandsteingerinne bestand*), während die Wangen von drei Schichten Hohlziegeln mit etwa 3 cm Zwischenräumen und die Decke von gewöhnlichen, 50 cm im Geviert haltenden, 10—12 cm starken Sandsteintafeln gebildet wurden. Hinter die Hohlziegel musste eine Schüttung ganz reiner, sauber gewaschener Muldenkiesel von Eigrösse gebracht werden, damit erdige Bestandtheile von dem Kanäle ferngehalten werden; sodann wurde die getheerte Asphaltfilzdecke mit einem Rost von imprägnirten kiefernen Spalierlatten überdeckt, auf dem zunächst ebenfalls Grobkiesel und sodann thunlichst reiner Muldenkies als Bettung aufzubringen waren. Vergl. Tafel XXVII. In den Bogenscheiteln waren inzwischen offene Abfallschrote aufgemauert worden, die das aus den Längskanälen und das in den Kiesmulden zu Tage abgeleitete Wasser mittelst besonderer, zweckmässig geformter, an der engsten Stelle 0,20 m weiter Gussstücke**) durch die Bogenscheitel hindurch ins Freie abführten, wo das Wasser in Folge des starken Luftzuges und der eintretenden Verdunstung und Zerstreuung eine schädliche, Verwitterung erzeugende Einwässerung des Pfeilermauerwerks nicht mehr bewirken konnte. Die vorhandenen seitlichen Ausflussrohre und Ausgüsse wurden vermauert oder zubetonirt.

*) Neuerdings macht man die Gerinne von Beton.

**) Es ist zweckmässiger, eine etwas grössere Weite zu wählen. Da sich an den gusseisernen Rohren im Winter oft Eiszapfen bilden, so sind neuerdings (Dresdner V. Brücke) Doppelrohre mit einem Luftraum, welcher das Einfrieren verhindern soll, angeordnet worden.

Das Prinzip der Schulze'schen Wasserabführungs-Verbesserung besteht also darin, dass zunächst durch eine thunlichst hohe Einbetonirung die sich mit Wasser sättigenden Verfüll- und Bettungsmassen, welche leicht verschlemmen, beseitigt bzw. auf das geringe Höhenmaass von 0,4 bis 0,6 m unter Schwellenoberkante gebracht und durch möglichst reinen Kies ersetzt werden. Es können nunmehr Sickerwässer weder in die ausgemauerten Bogenzwickel nach den Gewölberücken, noch in die Spandrillräume eindringen, weil das Tagewasser nur noch in die Bettung gelangen kann, während es früher, soweit es in die mehr und mehr undurchlässig werdenden Verfüllmassen eindrang oder durch die schadhafte werdende Abdeckung in die Spandrillräume gelangte, nur zum Theil auf einem sehr langen Wege zur Ableitung kam, zum anderen Theil aber den Rissen und Mauerfugen des Bauwerkes an ganz unzugänglichen Stellen zugeführt wurde. Ferner wird die seitliche Entwässerung nach den Stirnen abgeschafft und damit dem Einnässen des Stirnmauerwerks und dessen Abtrennen in Folge Eindringens der Feuchtigkeit in die sich an den Stirnen in Folge des Betriebes und der Frostwirkungen leicht bildenden Längsrisse vorgebeugt. Alle Wässer, welche, wenn sie in die Bettung dringen, auf der durch Zementüberzug und Asphaltfilz, sowie durch den Spalierrost geschützten geneigten Betonoberfläche in den reinen Kies vollständig und leicht ablaufen, werden mittelst der glatten Längskanäle auf dem thunlichst kürzesten Wege in der kürzesten Zeit und vollständig an einer Stelle abgeführt, wo sie dem Bauwerk nicht mehr schaden können. Damit dürfte den Grundbedingungen einer guten Wasserabführung genügt sein.

Der Spalierrost schützt zugleich die Asphaltfilz- und die Zementdecke vor den beim Stopfen des Gleises etwa tiefer eindringenden Oberbauwerkzeugen. Die Wasserabführung in Scheitelmitte setzt bei weniger hohen Brücken voraus, dass kein Verkehr unter den Brückenbogen liegt; anderenfalls muss, wie dies beim Burgstädter Viadukt geschah, eine getheilte Abführung des Wassers etwa in $\frac{1}{3}$ und $\frac{2}{3}$ der Bogen stattfinden, oder man muss, wie bei einigen Oeffnungen des Niedergräfenhainer Viaduktes, das im Scheitel herausgeleitete Wasser mittelst einer besonderen Abfallrinne seitlich weiterleiten. Die Arbeiten auf der Göhrener Muldenbrücke und auf dem Niedergräfenhainer Viadukt, dessen Entwässerungsanlage genau nach gleichem Principe verbessert wurde, mussten unter Aufrechterhaltung des Betriebes je in zwei Jahren ausgeführt werden. Im Jahre 1890 bzw. 91 wurden zunächst etwa $\frac{3}{5}$ der Breite des Brückenkörpers nebst den Längsrinnen und Abfallschroten ausgeführt, während das Gleis auf der verbleibenden Brückenbreite auf geeigneten Stützgerüsten und provisorischen Untermauerungen ruhte; in den nächsten Jahren wurde dann das Gleis auf die fertiggestellte Seite verschoben und die verbleibenden $\frac{2}{5}$ der Anlage wurden unter thunlichster Vorsicht bei der Einbindung des Betons und beim Anschluss der Zement- und Asphaltfilzdecke hergestellt.

Die Bauausführungen an der Göhrener Brücke wie am Niedergräfenhainer Viadukt, welche glücklicher Weise ohne

jeden Unfall durchgeführt werden konnten, boten eine Anzahl ganz interessanter Momente. Bei der Ausgrabung der in den beiden letzten Fünfteln der Brückenbreite verbliebenen Verfüllmassen, gegen welche sich mittelst Verschalung der neue Betonkörper stützte, konnte das Verhalten bzw. die Beschaffenheit der im Vorjahre eingebrachten Betonmassen beobachtet werden, welche bis zur Sohle wieder sichtbar wurden.

Beim Niedergräfenhainer Viadukt wurden dann, mit Rücksicht auf die günstige Gelegenheit, welche durch die zweijährige und zweitheilige Ausführung der Betonarbeiten geschaffen war, Versuche mit Mischungen verschiedener Kalksorten mit und ohne Zementzusatz gemacht. Bei der Kürze der Zeit kann auf die Ergebnisse hier nicht eingegangen werden. Erwähnen möchte ich, dass es zweckmässiger erscheint, nicht reinen Kalkbeton zu verwenden, sondern dass es sich empfiehlt, einen geringen Zementzusatz von etwa $\frac{1}{10}$ des Kalkquantums zu geben, welcher den Beton nicht wesentlich vertheuert, seine Festigkeit aber bedeutend erhöht. Man kann sich auf die hydraulischen Eigenschaften des böhmischen Kalkes nicht unbedingt verlassen; beim Niedergräfenhainer Viadukt habe ich daher den fast an Ort und Stelle gewonnenen Geithainer Kalk ganz frisch gebrannt verwendet und $\frac{1}{20}$ bis $\frac{1}{10}$ Gössnitzer Zement zugefügt; der Beton zeigte nach einem halben Jahre bei der Aufgrabung bereits eine bedeutende Festigkeit und stellte sich nicht theurer als reiner Kalkbeton von böhmischem Kalk.

Die Schulze'sche verbesserte Wasserabführung, die sich von einer weniger vollkommenen zur vollkommeneren im Laufe der Jahre herausgebildet hat, bewährt sich nach den Erfahrungen meiner Kollegen und nach den meinigen in jeder Beziehung.

Man könnte nun, um auf die Ausführung bei der Göhrener Brücke und bei dem Niedergräfenhainer Viadukt zurückzukommen, zwar einwenden, dass die Spalierlatten wandelbar werden, die Asphaltfilzplatten verrotten müssen und dass der Zementüberzug durch die Erschütterung des Betriebes nach und nach rissig werden könne.

Das ist wohl möglich, sogar höchst wahrscheinlich, aber jedenfalls erst nach einer Reihe von Jahren zu erwarten. Es bleibt dann immer noch die zweckmässig geneigte, mehr und mehr erhärtende, schützende Betondeckung, in welcher die geringe, dennoch eindringende Flüssigkeit versickern müsste. Aber so weit wird man es nicht kommen lassen. Eine aufmerksame, gewissenhafte Bahnunterhaltung wird sich bald von der Beschaffenheit der leicht zugängigen Decke oder der Kanäle überzeugen können, und die Erneuerung der Zementdecke und des Asphaltfilzes, sowie der Spalierlattenabdeckung wird künftig in leichter und wenig kostspieliger Weise erfolgen können.

Ich bin nach den gemachten Erfahrungen von der Güte der von mir geschilderten Schulze'schen verbesserten Wasserabführung fest überzeugt. Die Zukunft muss selbstverständlich den Beweis liefern. „Die Tage der Zukunft,“ sagt Pindar, mit dem ich meinen Vortrag einleitete, „sind die weisesten Zeugen.“

Ueber den ruhigen Gang von schnell umlaufenden Hängespindeln.

Von A. Föppl in München.

In einer früheren Abhandlung*) habe ich eine Erklärung für die merkwürdigen Erscheinungen gegeben, die man bei einer beiderseits unterstützten schwanken Welle beobachtet, wenn man ihre Umlaufgeschwindigkeit immer mehr steigert. Anfänglich wächst die Ausbiegung der Welle, auf der wir uns den Drehkörper etwas exzentrisch aufgekeilt denken, mit der Umlaufzahl und mit ihr wächst auch das Rütteln in den Lagern. Dieses Verhalten war schon seit langer Zeit bekannt; man wusste aber früher nicht, dass es nur bis zu einer gewissen Grenze reicht, die ich als die „kritische Geschwindigkeit“ der Welle bezeichnete, und dass sich von da ab die Erscheinungen umkehren, wenn man die Tourenzahl noch weiter erhöht.

Das Verdienst der Entdeckung dieser Erscheinung auf dem Wege des Versuches ist, wie es scheint, Laval zuzuschreiben, dem es durch die richtige Erkenntniss der Bedingungen, unter denen dieses Verhalten eintritt, gelungen ist, einen völlig ruhigen und erschütterungsfreien Gang seiner Dampfturbinen zu erzielen. Aufmerksamen Beobachtern ist indessen auch früher schon das eigenthümliche und vorerst unerklärliche Verhalten von Wellen in sehr schnell laufenden Maschinen verschiedener Art aufgefallen. So verdanke ich dem Herausgeber dieser Zeitschrift, Herrn Prof. Hartig, die freundliche Mittheilung, dass ihm die Erscheinung wiederholt bei Mühlsteinen, Zentrifugen u. dergl. vorgekommen war. Auch sonst scheint man ähnliche Wahrnehmungen hie und da gemacht und sie gelegentlich auch beim Bau von Maschinen benutzt zu haben. Beim Mangel einer rationellen Erklärung des Vorganges blieben diese Beobachtungen aber vereinzelt; sie gehörten dem grossen Schatze der überall zerstreuten praktischen Erfahrungen an, deren Eingliederung in die Theorie noch nicht gelungen ist.

Mein Antheil an der Lösung dieser ganzen Frage besteht natürlich nur darin, eine Erscheinung, die in engeren Kreisen bereits bekannt war und die schon richtig angewendet wurde, auf ihre Ursachen zurückgeführt zu haben. Freilich hat sich, wie bei jeder systematischen Untersuchung dieser Art, dabei der Gewinn ergeben, dass der vorher nur qualitativ erkannte Vorgang nun auch quantitativ verfolgt werden kann, und dass man voraus zu berechnen vermag, welche gefährlichen Umlaufgeschwindigkeiten bei einer gegebenen Welle unbedingt zu vermeiden sind, während es freisteht, die Welle entweder langsamer oder schneller laufen zu lassen.

Seit der Abfassung meines ersten Aufsatzes hat Herr Ingenieur Ludwig Klein, dem ich die erste Anregung zur Beschäftigung mit dieser Frage zu danken habe, in meinem Laboratorium eine Reihe von Versuchen durchgeführt*), die meine Rechnungen vollkommen bestätigten. Die von ihm beobachteten Ausschläge befolgen im Allgemeinen ganz das durch meine Formel (16) ausgesprochene Gesetz. Die vorkommenden Abweichungen bestehen fast ausnahmslos darin, dass die beobachteten Ausschläge etwas grösser sind als die nach Formel (16) berechneten. Aber auch diese Abweichungen entsprechen ganz meiner Theorie, da ja aus Formel (16) nur die „regelmässige Hauptbewegung“ gefunden wird, während die durch das Glied in F ausgedrückten „Störungen“ darin nicht berücksichtigt sind. Alle durch Erschütterungen u. s. f. herbeigeführten Störungen wirken aber nothwendig auf eine Vergrösserung der Ausschläge hin; eine genaue Uebereinstimmung zwischen Formel (16) und den beobachteten Ausschlägen ist daher nur zu erwarten, wenn die Lager ziemlich frei von Erschütterungen sind.

Im Uebrigen ist wohl zu beachten, dass die von

*) Civiling. Bd. LXI, Heft 4, 1895.

*) Civiling. Bd. LXI, Heft 6, 1895.

mir abgeleiteten Formeln ganz frei von Erfahrungskoeffizienten sind. Theoretische Formeln, die einen oder gar mehrere erst noch aus den Versuchen zu ermittelnde Koeffizienten enthalten, lassen sich immer bis zu einem gewissen Grade mit den Beobachtungsergebnissen vereinigen, selbst wenn sie in ihrer ganzen Anlage verfehlt sind. Formeln dagegen, wie die mit den Nummern (16) und (17) bezeichneten meines früheren Aufsatzes, sind durchaus starr und lassen sich nachträglich durch keine passende Wahl der in ihnen vorkommenden Grössen mit den Versuchsergebnissen in Uebereinstimmung bringen, wenn sie auf einer unrichtigen Grundlage beruhen. Die Richtigkeit solcher Formeln lässt sich durch den Versuch fast ebenso streng nachweisen, wie durch die mathematische Beweisführung.

Nachdem die Versuche gezeigt haben, dass meine Formeln die Erscheinung für alle untersuchten Fälle richtig darstellen, darf ich daher den Beweis für ihre Richtigkeit auch auf experimentellem Wege als erbracht ansehen. Für mich selbst ist dies zwar von geringerer Bedeutung, da ich schon vorher meiner Rechnung unbedingt vertraute. Ich lege aber der auf dem Wege des Versuchs gewonnenen Bestätigung schon aus dem Grunde ein erhebliches Gewicht bei, weil jene Rechnung ziemlich hohe Ansprüche an die Beherrschung der mathematischen Hilfsmittel stellt, die nicht oft erfüllt sind. Dem Leser, der einer schwierigen mathematischen Entwicklung nicht sicher zu folgen vermag, kann ich es aber nicht verdenken, wenn er ihr misstraut.*) Erst die unmittelbare Bestätigung durch den Versuch wird ihm die rechte Bürgschaft für die Zuverlässigkeit der abgeleiteten Formeln geben, und sie erst wird ihn dazu ermuthigen, diese Formeln auf die in der Praxis vorkommenden Fälle mit Zuversicht anzuwenden.

Jedenfalls darf ich aber jetzt die in den Schlussformeln meines ersten Aufsatzes ausgesprochenen Ergebnisse als einen gesicherten wissenschaftlichen Besitz der Mechanik ansehen, an dem kaum noch etwas zu bessern oder zu deuten ist. Dagegen kann man nun

*) Hierauf ist augenscheinlich auch eine Bemerkung zurückzuführen, die in einem Aufsatz meines Mitarbeiters, des Herrn Klein, in der Ztsch. d. V. D. Ing., 1895, S. 1191 vorkommt. Es wird dort gesagt, dass die von mir mit N und dort mit n_{∞} bezeichnete Grösse erst durch die Versuche des Herrn Klein die richtige Deutung als kritische Geschwindigkeit gefunden habe. Indessen fällt dieses Missverständniss nicht Herrn Klein zur Last, der genau wusste, was in meiner Abhandlung steht, sondern der Redaktion jener Zeitschrift, die Herrn Klein, wie er mir mittheilte, zur Einfügung der Bemerkung nöthigte.

das Verlangen aussprechen, für Erscheinungen verwandter Art, die nicht in den Rahmen der früheren Untersuchung fallen, ebenfalls die richtige Erklärung zu finden. Mit einem solchen Falle soll sich meine heutige Abhandlung beschäftigen.

Während ich früher eine Welle betrachtete, die an zwei Punkten gestützt war, fasse ich jetzt eine Welle ins Auge, die nur an einem Punkte gelenkartig befestigt ist, von der Befestigungsstelle frei herabhängt und an ihrem unteren Ende einen Drehkörper trägt. Eine solche Welle will ich kurz als eine Hängespindel bezeichnen. Der Antrieb der Welle soll von oben her erfolgen. Damit er überhaupt möglich ist, muss die Verbindung am oberen Ende so getroffen sein, dass ein Drehmoment vom Antriebsmechanismus auf die Spindel übertragen werden kann. Konstruktiv kann dies in verschiedener Weise ausgeführt werden. So kann man sich z. B. damit begnügen, am oberen Ende der Spindel ein Kugellager anzuordnen und sich für die Uebertragung des Drehmoments auf die Reibungen in diesem Kugellager verlassen. Wenn der Drehkörper eine Zentrifugentrommel mit kontinuierlichem Betrieb ist, reichen die Reibungen allerdings nicht leicht aus, um das auch während des stetigen Ganges ziemlich erhebliche Drehmoment sicher zu übertragen, es sei denn, dass man den Kugelradius entsprechend gross wählt.

Die einfachste Befestigung besteht wohl darin, dass man die Spindel oben festklemmt und sie dabei so dünn wählt, dass sie sich leicht ein wenig biegt. Die Theorie dieser Anordnung fällt indessen mit der in meinem früheren Aufsatz für die Welle der Laval'schen Turbine gegebenen zusammen. Bezeichnet man die horizontale Kraft, die am unteren Spindelende (falls die Zentrifugentrommel vermittelt eines Hakens daran aufgehängt ist) oder im Schwerpunkte des Drehkörpers (bei fester Verbindung desselben mit der Spindel) angreifen muss, um beim Stillstande der Maschine eine Verbiegung von 1 cm herbeizuführen, mit P und das Gewicht des Drehkörpers mit Q , so bestimmt sich die kritische Tourenzahl N nach der Formel:

$$N = 300 \sqrt{\frac{P}{Q}},$$

und man darf auf einen ruhigen Gang rechnen, wenn die normale Tourenzahl mindestens etwa das $1\frac{1}{2}$ - bis 2fache von N beträgt.

Natürlich muss dann durch eine geeignete Hilfsführung dafür gesorgt werden, dass der Ausschlag wäh-

rend des Anlaufens, also beim Ueberschreiten der kritischen Geschwindigkeit, in mässigen Grenzen bleibt. Bei einer von Mélotte konstruirten und in Deutschland von der Maschinenfabrik von Jos. Meys in Honnef a. Sieg gebauten Milchzentrifuge, mit der ich vor zwei Jahren eine Reihe von Versuchen anzustellen hatte, ist dies in recht geschickter Weise erreicht. Die Spindelaufhängung weicht bei dieser Maschine von der oben besprochenen allerdings ab (zur Uebertragung des Drehmoments ist eine Feder eingeschaltet); für die jetzt in Frage kommende Anordnung ist dies aber ohne Belang. Zur Verhütung des Schleuderns der Trommel während des Anlaufes hat der Konstrukteur die Spindel in der Nähe ihres unteren Endes mit zwei Paar horizontalen, sich rechtwinklig kreuzenden Schnüren umgeben, die leicht angespannt sind und seitliche Bewegungen der Spindel in enge Grenzen einschliessen. Freilich vermöchten diese schwachen Bindfäden grösseren Zentrifugalkräften, wie sie bei einer unregelmässigen Bewegung der Trommel während des vollen Ganges, d. h. bei etwa 6000 Touren, auftreten könnten, durchaus nicht zu widerstehen. Der Vertreter der Fabrik beseitigte aber meine Bedenken, indem er mich darauf aufmerksam machte, dass die Hängespindel bei grossen Tourenzahlen gar keine Führung nöthig hat und bei etwas Spielraum zwischen den Schnüren diese gar nicht mehr berührt. In der That konnte ich mich dann vollkommen davon überzeugen, dass diese Hilfsführung nur für das Laufen mit kleinen Geschwindigkeiten, also für die Anlaufperiode unerlässlich ist.

Damals habe ich diese interessante Beobachtung nicht weiter verfolgt und mich mit der Annahme beruhigt, dass sie auf Grund der Theorie des Raumpendels — oder allgemeiner, der Theorie der Bewegung eines starren Körpers um einen festen Punkt — zu erklären sei. Wie ich inzwischen bei näherem Eingehen auf die Sache gefunden habe, war dies nun freilich ein Irrthum, von dem auch eine Bemerkung im Eingange meiner vorigen Abhandlung, in der ich auf diese Erscheinung anspielte, nicht frei ist. Auch bei den Rotationserscheinungen an dünnen Hängespindeln, gleichgültig wie ihre Aufhängung angeordnet sein möge, spielen vielmehr die elastischen Verbiegungen der Spindel eine entscheidende Rolle.

Um einen möglichst klar übersichtbaren Fall vor Augen zu haben, will ich hier voraussetzen, dass die Hängespindel oben mittelst eines einfachen Gelenkes, dessen Achse senkrecht zur lothrechten Antriebswelle steht, befestigt sei. Wenn die Elastizität der Spindel

nicht in Frage käme, hätten wir es dann einfach mit einem Pendel zu thun, wie es beim Watt'schen Zentrifugalregulator vorkommt. In der That kann auch die nachfolgende Betrachtung für die Theorie des Zentrifugalregulators gewisse Dienste leisten, wenn auch die Regulatoren in der Regel bei Geschwindigkeiten verwendet werden, die weit unterhalb der kritischen liegen, so dass die Erscheinungen, um die es sich hier handelt, bei ihnen nicht hervortreten pflegen.

Sehen wir aber zunächst von den Verbiegungen der Spindel ab, so wissen wir bereits aus der Lehre vom Zentrifugalregulator, dass die Spindel bis zu einer gewissen, ziemlich niedrigen Umlaufzahl einfach lothrecht herabhängt. Sobald diese überschritten ist, treten kleine Ausschläge auf, die anfänglich weit schneller wachsen als die zugehörigen Geschwindigkeiten und sehr bald endliche Werthe annehmen. Dabei setze ich natürlich voraus, dass wegen unvermeidlicher kleiner Erschütterungen die labile Gleichgewichtslage ohne Ausschlag auf die Dauer nicht bestehen bleiben kann.

Um Ausschläge von endlicher Grösse brauche ich mich hier nicht weiter zu kümmern, da sie bei einer Hängespindel in einer Maschine ganz unzulässig sind. Sobald sie aufzutreten beginnen, müssen sie durch eine Hilfsführung, wie ich sie vorher besprach, eingeschränkt werden. Ein sicherer Gang der Hängespindel ist aber erst dann möglich, wenn die Geschwindigkeit so weit gesteigert ist, dass die Hängespindel auch ohne die Hilfsführung am unteren Ende nur noch kleine seitliche Bewegungen ausführt, die für die Zwecke unserer Untersuchung genau genug als unendlich klein im Vergleiche zur Länge der Spindel angesehen werden können. Es wird sich aus unserer Analyse ergeben, dass ein solcher Zustand in der That durch hinreichende Steigerung der Geschwindigkeit immer herbeigeführt werden kann.

Um mich einfacher ausdrücken zu können, will ich überdies noch annehmen, dass der Drehkörper (die Zentrifugentrommel) am Ende der Hängespindel mittelst eines Hakens aufgehängt ist. Sollte er indessen, wie bei einem Zentrifugalpendel, fest aufgeschraubt sein, so ist an Stelle der Spindellänge nur überall die Entfernung des Schwerpunktes vom oberen Spindellager zu setzen, während sonst alle Betrachtungen unverändert anwendbar bleiben.

Für die beschriebene Einrichtung gestaltet sich die Untersuchung erheblich einfacher als die früher für die Laval'sche Turbinenwelle gegebene. Es hätte hier keinen Zweck, wenn ich mich dabei der Vektoren-

methode bedienen wollte, und den meisten Lesern wird ohne Zweifel mehr damit gedient sein, wenn ich an deren Stelle Koordinaten benutze. Wohl aber möchte ich erwähnen, dass ich für meinen eigenen Gebrauch auch in diesem Falle der Vektorenmethode unbedingt den Vorzug gebe und die Formeln ursprünglich in deren Sprache entwickelt habe. Ich werde sie aber hier nachträglich in die heute noch weit mehr verbreitete Cartesische Darstellung übersetzen.

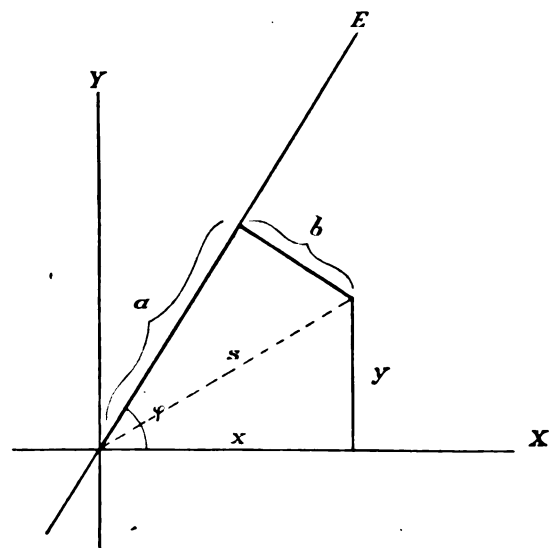
Senkrecht zur Achse des Gelenkes am oberen Ende der Spindel denke ich mir eine Ebene E gelegt, die durch die Achse der Antriebswelle geht und mit dieser gleichförmig rotirt. Solange sich keine Verbiegung der Spindel bemerklich macht, bleibt die Spindelachse fortwährend in der Ebene E , in der sie mit der lothrechten Richtung einen innerhalb kleiner Grenzen bleibenden veränderlichen Winkel, den „Ausschlag“ der Spindel bildet. Hierbei ist vorausgesetzt, dass die Gelenkachse wirklich genau senkrecht zur Spindelachse und zur Antriebsachse steht; ich will bei dieser einfachen Annahme stehen bleiben, um die Untersuchung nicht unnötig zu erschweren, bemerke aber, dass nichts im Wege steht, auch eine etwa bestehende geringe Abweichung in Rechnung zu ziehen. Der ganze Gang der Untersuchung wird dadurch nicht geändert.

Nun ist zunächst leicht einzusehen, dass ein Anlass zu Verbiegungen der Spindel gegeben ist. Man nehme z. B. an, der Ausschlag der Spindel sei gerade im Wachsen begriffen. Der Schwerpunkt des Drehkörpers hat in jedem Augenblicke eine Geschwindigkeit, die dem Ausschlage proportional ist. Abgesehen von der Zentripetalkraft, die in der Ebene E liegt, muss daher auch eine Kraft senkrecht zur Ebene E auf den Drehkörper übertragen werden, durch die die Steigerung der Umfangsgeschwindigkeit herbeigeführt wird, wenn der Ausschlag wachsen soll. Diese Kraft kann nur durch die Spindel übertragen werden, und die Spindel wird durch sie verbogen, so dass ihr unteres Ende aus der Ebene E heraustritt. Offenbar wird bei wachsendem Ausschlage das untere Spindelende (bezw. der Schwerpunkt des Drehkörpers) hinter der Ebene E etwas zurückbleiben. In der That muss die Stange jedes Zentrifugalregulators solche Verbiegungen bei wechselndem Ausschlage erleiden, die dort freilich ohne besonderen Einfluss auf den Gang bleiben. Die Verbiegungen werden sich übrigens auf jeden Fall um so mehr bemerkbar machen, je grösser die Umlaufzahl ist, und man sieht schon ohne jede Rechnung ein, dass sie eine wichtige Rolle bei schnell umlaufenden Maschinen spielen

können, wenn sie auch bei kleinen Geschwindigkeiten gar nicht in Betracht zu kommen brauchen. Denn bei gleichen Schwerpunktsbahnen wächst die auf die Verbiegung der Spindel hinwirkende Kraft ebenso wie die Zentrifugalkraft mit dem Quadrate der Geschwindigkeit; sie ist also z. B. bei einer Zentrifugengeschwindigkeit von 6000 Touren 10 000 mal so gross als bei einer niederen Geschwindigkeit von 60 Touren.

Die Stellung der Ebene E ist für jeden Augenblick als gegeben anzusehen. Um die augenblickliche Stellung der Hängespindel zu fixiren, braucht man daher nur noch den Ausschlag und die elastische Verbiegung in die Rechnung einzuführen. Da überdies nur Bewegungen mit unendlich kleinen Ausschlägen in Betracht gezogen werden sollen, bleibt das untere Ende der Hängespindel genau genug in einer horizontalen Ebene, in der wir ein rechtwinkeliges Koordinatensystem festlegen wollen.

In dieser Koordinaten-Ebene bildet die Spur der Ebene E mit der positiven x -Achse einen Winkel φ ,



der gleichmässig anwachsen soll. Die Winkelgeschwindigkeit u des Antriebsmechanismus steht mit φ in der Beziehung

$$\frac{d\varphi}{dt} = u \dots \dots \dots (1)$$

Den Ausschlag der Spindel messe ich durch den Abschnitt, den er auf der Spur der Ebene E bildet, und bezeichne diesen Abschnitt mit a . Rechtwinkelig zu E steht die Verbiegung, die mit b bezeichnet werden mag; positiv will ich sie rechnen, wenn das untere Ende der Spindel hinter der Ebene E zurückbleibt.

Die rechtwinkligen Koordinaten x und y des unteren Endes der Spindel (bezw. des Schwerpunktes) folgen dann aus den Gleichungen (vgl. die Abbildung)

$$\begin{aligned} x &= a \cos \varphi + b \sin \varphi \\ y &= a \sin \varphi - b \cos \varphi \end{aligned} \quad . . . \quad (2)$$

Durch zweimalige Differentiation nach t erhält man daraus mit Berücksichtigung von Gl. (1)

$$\left. \begin{aligned} \frac{d^2 x}{dt^2} &= \frac{d^2 a}{dt^2} \cos \varphi + \frac{d^2 b}{dt^2} \sin \varphi - 2 \frac{da}{dt} \sin \varphi \cdot u \\ &\quad + 2 \frac{db}{dt} \cos \varphi \cdot u - a \cos \varphi \cdot u^2 - b \sin \varphi \cdot u^2 \\ \frac{d^2 y}{dt^2} &= \frac{d^2 a}{dt^2} \sin \varphi - \frac{d^2 b}{dt^2} \cos \varphi + 2 \frac{da}{dt} \cos \varphi \cdot u \\ &\quad + 2 \frac{db}{dt} \sin \varphi \cdot u - a \sin \varphi \cdot u^2 + b \cos \varphi \cdot u^2 \end{aligned} \right\} . \quad (3)$$

Damit sind die Komponenten der Beschleunigung des Schwerpunktes des Drehkörpers ermittelt. Mit der Masse oder mit $\frac{Q}{g}$ multipliziert, sind sie den Komponenten der äusseren Kräfte am Schwerpunkte gleich zu setzen. Von aussen her wirken aber drei Kräfte auf den Drehkörper ein: das Gewicht von der Grösse Q , die von der Spindel in achsialer Richtung (d. h. längs der Verbindungslinie der beiden Spindelenden) übertragene Aufhängekraft und die die Spindel verbiegende Kraft, die gleich cb gesetzt werden kann, worin die Konstante c ein Maass für die Elastizität der Spindel ist. Die letzte Kraft liegt schon in der Koordinaten-Ebene und auch die beiden ersten müssen sich zu einer Resultirenden in der Koordinaten-Ebene vereinigen lassen, da die Bewegung in dieser Ebene verläuft. Diese Resultirende ist vom Spindelende nach dem Koordinaten-Ursprung hin gerichtet und gleich $Q \frac{s}{l}$ zu setzen, wenn mit s der Abstand beider Punkte und mit l die Spindellänge bezeichnet wird, gegen die s unendlich klein ist. Zerlegt man dann noch diese Resultirende, sowie die rechtwinklig zur Spindelachse stehende verbiegende Kraft cb in Komponenten nach den Koordinatenachsen, so erhält man nach dem dynamischen Grundgesetze

$$\left. \begin{aligned} \frac{Q}{g} \frac{d^2 x}{dt^2} &= -\frac{Qx}{l} - cb \sin \varphi \\ \frac{Q}{g} \frac{d^2 y}{dt^2} &= -\frac{Qy}{l} + cb \cos \varphi \end{aligned} \right\} . . . \quad (4)$$

Für die Beschleunigungs-Komponenten sind in diese Gleichungen die Werthe (3) und für die Koordi-

naten x und y die Werthe aus (2) einzusetzen. Führt man dies aus und ordnet man nach $\sin \varphi$ und $\cos \varphi$, so gehen die Gleichungen (4) über in

$$\left. \begin{aligned} \sin \varphi \left\{ \frac{Q}{g} \frac{d^2 b}{dt^2} - 2 \frac{Q}{g} u \frac{da}{dt} - \frac{Q}{g} u^2 b + \frac{Q}{l} b + cb \right\} \\ + \cos \varphi \left\{ \frac{Q}{g} \frac{d^2 a}{dt^2} + 2 \frac{Q}{g} u \frac{db}{dt} - \frac{Q}{g} u^2 a + \frac{Q}{l} a \right\} &= 0 \\ \sin \varphi \left\{ \frac{Q}{g} \frac{d^2 a}{dt^2} + 2 \frac{Q}{g} u \frac{db}{dt} - \frac{Q}{g} u^2 a + \frac{Q}{l} a \right\} \\ + \cos \varphi \left\{ -\frac{Q}{g} \frac{d^2 b}{dt^2} + 2 \frac{Q}{g} u \frac{da}{dt} + \frac{Q}{g} u^2 b - \frac{Q}{l} b - cb \right\} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Man bemerkt nun sofort, dass der Faktor von $\cos \varphi$ in der ersten Gleichung mit dem Faktor von $\sin \varphi$ in der zweiten übereinstimmt, während der Faktor von $\sin \varphi$ in der ersten Gleichung das Negative des Faktors von $\cos \varphi$ in der zweiten Gleichung ist. Die beiden Gleichungen sind also von der Form

$$\begin{aligned} A \sin \varphi + B \cos \varphi &= 0, \\ B \sin \varphi - A \cos \varphi &= 0. \end{aligned}$$

Damit beide zusammen bestehen können, muss nothwendig

$$A = B = 0$$

sein. Man kann daher die Gleichungen (5) durch die beiden folgenden einfacheren ersetzen:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d^2 b}{dt^2} - 2u \frac{da}{dt} - u^2 b + \frac{g}{l} b + \frac{cg}{Q} b &= 0 \\ \frac{d^2 a}{dt^2} + 2u \frac{db}{dt} - u^2 a + \frac{g}{l} a &= 0 \end{aligned} \right\} . \quad (6)$$

Damit habe ich zwei Differentialgleichungen gewonnen, in denen nur noch die beiden veränderlichen Grössen a und b vorkommen, von deren Bestimmung als Funktionen der Zeit die Lösung des ganzen Problems abhängt. Ich eliminiere daraus zunächst die Veränderliche b , indem ich die erste nach t differenzire und für $\frac{db}{dt}$ und $\frac{d^3 b}{dt^3}$ die sich aus der zweiten Gleichung durch Auflösen nach $\frac{db}{dt}$ ergebenden Werthe einführe. Ich erhalte so die Differentialgleichung 4. Ordnung für den Ausschlag a

$$\begin{aligned} \frac{d^4 a}{dt^4} + \frac{d^2 a}{dt^2} \left(\frac{2g}{l} + \frac{cg}{Q} + 2u^2 \right) \\ + a \left(\frac{g}{l} - u^2 \right) \left(\frac{g}{l} + \frac{cg}{Q} - u^2 \right) &= 0 . . (7) \end{aligned}$$

Eliminirt man umgekehrt auf dieselbe Weise a aus den beiden Gleichungen (6), so findet man, dass e derselben Differentialgleichung wie a genügen muss.

Man braucht in Gl. (7) nur überall e anstatt a zu schreiben, um die Differentialgleichung für e zu finden.

Die Koeffizienten in Gl. (7) sind konstante Grössen. Schreibt man zur Abkürzung dafür m und n , Gl. (7) also

$$\frac{d^4 a}{dt^4} + m \frac{d^2 a}{dt^2} + na = 0,$$

so sieht man leicht, dass sich das allgemeine Integral dieser Differentialgleichung in der Form

$$a = C_1 e^{a_1 t} + C_2 e^{a_2 t} + C_3 e^{a_3 t} + C_4 e^{a_4 t} \quad (8)$$

darstellen lässt, in der die C die Integrationskonstanten, die a aber die 4 Wurzeln der Gleichung

$$a^4 + ma^2 + n = 0 \quad (9)$$

sind. Die Auflösung dieser Bestimmungsgleichung liefert aber

$$a = \pm \sqrt{-\frac{m}{2} \pm \sqrt{\frac{m^2}{4} - n}} \quad (10)$$

Von den vier Wurzeln sind also mindestens zwei imaginär, da sich m aus lauter positiven Gliedern zusammensetzt und daher selbst positiv ist.

Exponentialglieder mit rein imaginären Exponenten in Gl. (8) lassen sich in bekannter Weise auf trigonometrische Funktionen zurückführen; sie stellen also periodische Aenderungen des Ausschlages a nach der Zeit dar, die immer von derselben Grössenordnung wie zu Anfang bleiben.

Nimmt man dagegen das positive Vorzeichen vor der inneren Wurzel, so kann man reelle Werthe von a erhalten. In diesem Falle kommt in Gl. (8) ein Glied vor, das mit wachsendem t immer weiter wächst. Wenn auch der Ausschlag a zu Anfang sehr klein war, so muss er in diesem Falle immer weiter anwachsen; ohne Führung kann also die Hängespindel dann nicht laufen. Wir erkennen also zunächst als nothwendige Bedingung für den ruhigen Gang, dass n jedenfalls nicht negativ sein darf. Setzen wir $n = 0$, so haben wir zwei rein imaginäre Wurzeln und zwei andere, die gleich Null sind. Die Bewegung ist also dann periodisch, so dass der Ausschlag nicht über die ursprüngliche Grössenordnung hinaus wachsen kann, d. h. wir haben schon bei dieser Geschwindigkeit einen ruhigen Gang zu erwarten.

Dasselbe trifft auch noch zu, wenn n positiv, aber kleiner als $\frac{m^2}{4}$ ist. Wir haben dann vier rein imaginäre Wurzeln der Gl. (10), also einen ruhigen Gang der Hängespindel. Wäre schliesslich n positiv und

grösser als $\frac{m^2}{4}$, so hätten die Wurzeln von Gl. (10) einen reellen Theil und wir hätten wieder in Gl. (8) Glieder, die mit der Zeit unbegrenzt wachsen. Sobald man aber für m und n ihre Werthe aus Gl. (7) einführt, erkennt man, dass n niemals grösser als $\frac{m^2}{4}$ werden kann, so dass dieser Fall thatsächlich ausgeschlossen ist.

Die einzige Bedingung für den ruhigen Gang der Hängespindel besteht also darin, dass der Koeffizient n oder

$$n = \left(\frac{g}{l} - u^2\right) \left(\frac{g}{l} + \frac{cg}{Q} - u^2\right)$$

entweder positiv oder im Grenzfalle gleich Null ist. Setzen wir u kleiner als u_1 , d. h. als

$$u_1 = \sqrt{\frac{g}{l}} \quad (11)$$

so ist n positiv. Ueberschreiten wir diese Geschwindigkeit, so wird n zunächst negativ, da der zweite Faktor des Produkts vorläufig noch positiv bleibt. Sobald aber u so gross geworden ist, dass auch der zweite Faktor des Produkts einen negativen Werth annimmt, wird n wieder positiv, und es bleibt auch fernerhin positiv, wenn wir die Tourenzahl dann noch weiter wachsen lassen. Die Geschwindigkeit, von der ab dies eintritt, ist

$$u_2 = \sqrt{\frac{g}{l} + \frac{cg}{Q}} \quad (12)$$

Das Verhalten der Hängespindel in der hier betrachteten Anordnung weicht also ziemlich erheblich von dem der Laval'schen Turbinenwelle ab. Während dort nur bei einer ganz bestimmten Geschwindigkeit ein unbegrenztes Anwachsen der ursprünglich klein vorausgesetzten Ausschläge zu erwarten ist, haben wir hier ein ganzes Geschwindigkeitsgebiet, innerhalb dessen ursprünglich kleine Ausschläge bis zu endlicher Grösse anwachsen müssen, wenn dies nicht durch eine Hilfsführung verhindert wird. Das Gebiet für den ruhigen Gang reicht

a) bei kleinen Geschwindigkeiten von $u = 0$

$$\text{bis } u = \sqrt{\frac{g}{l}},$$

b) für grosse Geschwindigkeiten von

$$u = \sqrt{\frac{g}{l} + \frac{cg}{Q}} \text{ bis } u = \infty.$$

Von einer kritischen Geschwindigkeit kann also hier nicht in dem früheren Sinne geredet werden. In

etwas abgeänderter Bedeutung kann man die Bezeichnung wohl für den Werth u_2 beibehalten, sobald es sich um schnell laufende Maschinen handelt.

Um Gl. (12) noch eine bequemere Form für die praktische Verwendung zu geben, bezeichne ich, wie in meiner früheren Abhandlung, mit P die Kraft, die man aufwenden muss, um das untere Ende der Hängespindel um 1 *cm* aus der Ebene E herauszubiegen, und denke mir die Länge l der Hängespindel in *cm* gemessen. Die der Geschwindigkeit u_2 entsprechende Tourenzahl N in der Minute erhält man dann aus der Formel

$$N = 300 \sqrt{\frac{1}{l} + \frac{P}{Q}} \quad . \quad . \quad . \quad (13)$$

also unter den in der Praxis vorkommenden Verhältnissen nahezu denselben Werth wie bei der Laval'schen Welle.

Macht man die Hängespindel sehr steif, so wird P sehr gross und man kann den ruhigen Gang erst bei entsprechend grossen Umlaufzahlen erreichen. Besser wird es also immer sein, die Spindel ziemlich biegsam zu wählen.

Mechanisch-technisches Laboratorium
der technischen Hochschule in München, November 1895.

Theorie des Linde'schen Verfahrens der Luftverflüssigung und Sauerstoffgewinnung.

Von

Dr. Hans Lorenz, Ingenieur in München.

1. Physikalische Grundlagen.

Betrachtet man die atmosphärische Luft, sowie ihre einzelnen Bestandtheile (Stickstoff und Sauerstoff) als vollkommene Gase, welche dem Mariotte-Gay-Lussac'schen Gesetze

$$p v = R T \quad (1)$$

gehoren, worin p der Druck in kg pro qm , v das Volumen der Gewichtseinheit (1 kg) in cbm , T die absolute Temperatur und R eine Konstante (für Luft 29,4) bedeutet, so ergibt sich zur gleichzeitigen Erhöhung der Temperatur um dT und Vergrößerung des Volumens um dv gegen einen äusseren Druck p die Nothwendigkeit einer Wärmezufuhr für die Gewichtseinheit von

$$dQ = c_v dT + A \cdot p dv \quad (2)$$

Die Grösse c_v ist, wie man sofort erkennt, die unveränderliche spezifische Wärme des Gases bei konstantem Volumen, $A = \frac{1}{424}$ die Aequivalentzahl zwischen der in WE ausgedrückten Wärme und der in mkg gemessenen äusseren Arbeit.

Vollzieht man nun mit einem solchen Körper einen Kreisprozess, indem man die Gewichtseinheit desselben im Zustande p, v in einem Zylinder bei unveränderter Temperatur unendlich wenig zusammendrückt, wobei der Druck um dp ansteigt, sie darauf bei konstantem Drucke $p + dp$ einem Drosselventile zuführt, in welchem die Drucksteigerung dp ohne Leistung von Arbeit wieder vernichtet wird, und schliesslich mit dem ursprünglichen Drucke wieder in den Zylinder zurückführt (Fig. 1), so ist in dem Kreisprozesse eine Totalarbeit von $v dp$ verbraucht worden. Durch Verbindung von (1) und (2) erhält man aber auch

$$dQ = (c_v + AR) dT - A v dp \quad . . . (3)$$

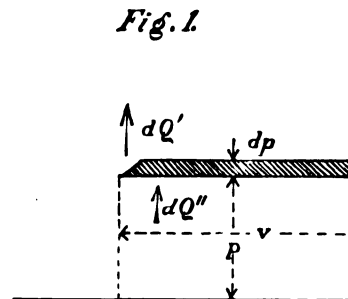
worin die Grösse

$$c_v + AR = c_p \quad (4)$$

die spezifische Wärme bei konstantem Druck darstellt und in der die in unserem Kreisprozesse verbrauchte Arbeit $v dp$ mit einem der Wärme dQ entgegengesetzten Vorzeichen erscheint. Da A und R Konstante sind und c_v nach Voraus-

setzung unveränderlich sein sollte, so gilt dies auch von c_p . Leitet man nun während des Hinausschiebens, sowie beim Durchgang durch das Drosselventil dem Gase weder Wärme

Fig. 1.



zu noch ab, so hat man, um dasselbe beim Wiedereinsaugen (beim konstanten Drucke p) in den Anfangszustand zurückzusetzen, schliesslich eine Wärme dQ'' zuzuführen. Ist nun die während der isothermischen Kompression von p auf $p + dp$ abgeführte Wärme nach (3) wegen $dT = 0$ algebraisch

$$dQ' = - A v dp \quad (5)$$

so folgt, da nach dem I. Hauptsatze der Thermodynamik in einem Kreisprozesse die algebraische Summe der Wärmemengen gleich dem Aequivalent der geleisteten Arbeiten sein muss,

$$dQ'' - dQ' = A v dp \quad (6)$$

oder wegen (5) $dQ' = 0$. Diese Wärme wäre aber bei konstantem Drucke zuzuführen gewesen, so dass wir aus (3) erhalten mit $dp = 0$

$$0 = dQ'' = (c_v + AR) dT \quad . . . (7)$$

d. h. aber, mit verschwindendem dQ' verschwindet auch dT , mithin ist beim arbeitslosen Durchströmen eines vollkommenen Gases durch ein Drosselventil keine Temperaturveränderung zu erwarten.*)

*) Bei dieser Herleitung haben wir angenommen, dass das Gas vor und hinter dem Drosselventile sich in Ruhe befindet, dass also keine Strömungsenergie in Frage kommt. Ist eine solche, wie z. B. beim Strömen in einem Rohre, in dem sich das

Diese theoretische Folgerung wurde schon im Jahre 1862 von den Physikern Thomson und Joule durch sorgfältige Versuche mit atmosphärischer Luft und Kohlensäure geprüft. Dabei stellte sich heraus, dass für beide Körper die Temperatur nach dem Durchströmen nicht unerheblich niedriger war, als vorher, dass diese Gase also nicht als vollkommene zu betrachten sind. Die seitdem zu hoher Entwicklung gediehene kinetische Gastheorie hat dieses Verhalten damit erklärt, dass im Mariotte-Gay-Lussac'schen Gesetze nicht nur das von den einzelnen Molekülen eingenommene Raum vernachlässigt, sondern auch der mittlere Abstand der einzelnen Theilchen verhältnissmässig so gross angenommen worden ist, dass ihre gegenseitige Einwirkung (Anziehung) verschwindet. Beide Annahmen aber entsprechen um so weniger der Wirklichkeit, je dichter das Gas, d. h. je höher sein Druck und je niedriger seine Temperatur ist.

Die Versuche der beiden englischen Forscher ergaben nun zu beiden Seiten der von ihnen gebrauchten Drosselvorrichtung (ein zwischen zwei Metallsieben zusammengepresster Wattepfropf) die nachstehenden Abkühlungen für je eine Atmosphäre (10334 *kg/qm*) Druckunterschied bei den ebenfalls angegebenen Temperaturen vor der Abdrosselung:

Temperatur	Abkühlung	
der Luft	der Luft	der Kohlensäure
0° Cels.	0,276° Cels.	1,491° Cels.
7,1 "	0,263 "	1,309 "
35,6 "	— "	1,020 "
39,5 "	0,224 "	— "
54,0 "	— "	0,883 "
92,8 "	0,152 "	— "
93,5 "	— "	0,645 "
97,5 "	— "	0,640 "

Die Abkühlungen sind hiernach dem Quadrate der absoluten Temperaturen umgekehrt proportional. Drückt man die Pressungen, wie es in der Thermodynamik ausschliesslich üblich ist, in *kg pro qm* aus, so ergeben sich für die Temperaturänderungen die beiden Formeln

Ventil befindet, vorhanden, so wird nach der Abdrosselung das Gas ein grösseres spezifisches Volumen, also auch eine grössere Geschwindigkeit besitzen, als vor dem Ventil. Es ströme z. B. in einem Rohre ein Gas, dessen spez. Wärme bei konstantem Druck $c_p = 0,24$ sein möge, mit der Geschwindigkeit $w_0 = 1$ m pro Sek. Wird sein Druck im Ventil auf $\frac{1}{10}$ abgedrosselt, so ist die Geschwindigkeit hinter dem Ventil $w_1 = 10$ m, und es ergibt sich dann in Folge der Differenz der Strömungsenergien eine Temperaturerniedrigung Δt aus

$$c_p \Delta t = A \cdot \frac{w_1^2 - w_0^2}{2g},$$

worin $g = 9,81$ m die Beschleunigung der Schwere bedeutet. Mit obigen Werthen erhalten wir

$$\Delta t = \frac{1}{0,24 \cdot 424} \cdot \frac{10^2 - 1^2}{2 \cdot 9,81} = rd \frac{1}{20} ^\circ \text{Cels.}$$

Von derartigen ausnahmslos kleinen Beträgen soll im Texte immer abgesehen werden.

$$\left. \begin{aligned} \text{für Luft} \quad \frac{T - T_0}{p - p_0} &= 0,0000267 \left(\frac{273}{T} \right)^2 \\ \text{„ Kohlensäure} \quad \frac{T - T_0}{p - p_0} &= 0,0001346 \left(\frac{273}{T} \right)^2 \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

worin 273 die absolute Temperatur des Nullpunktes der Celsiuskala bezeichnet. Man kann diese empirischen Formeln auch kurz in der Form

$$T - T_0 = a \frac{p - p_0}{T^2} \quad (9)$$

schreiben, worin für atmosphärische Luft $a = 1,9899 \sim 2$ zu setzen ist. Da die Beobachtungen sich durchgehends nur auf verhältnissmässig kleine Druckunterschiede $p - p_0$ bezogen, so ist es zweckmässig, in (9) zu den Differentialen überzugehen, wodurch man

$$dT = a \frac{dp}{T^2} \quad (10)$$

erhält. Für grössere Druckunterschiede ergibt sich hieraus durch Integration

$$T^3 - T_0^3 = 3a(p - p_0) \quad (11)$$

oder

$$T - T_0 = \frac{3a(p - p_0)}{T^2 + TT_0 + T_0^2}.$$

Ist nun θ eine zwischen T und T_0 liegende Temperatur, so zwar, dass $T^2 + TT_0 + T_0^2 = 3\theta^2$, so kann man statt (11) auch schreiben

$$T - T_0 = \frac{a(p - p_0)}{\theta^2} \quad (12)$$

Von dieser Formel werden wir später vorwiegend Gebrauch machen, und zwar mit der Annäherung, dass θ das arithmetische Mittel von T und T_0 sei. Es lässt sich leicht nachweisen, dass man mit dieser Annahme auch bei sehr grossen Druckunterschieden in befriedigender Uebereinstimmung mit der Erfahrung bleibt, während die rechnerische Verwerthung der Gl. (11) zu weitgehenden Verwickelungen führt, welche bei Anwendung von (12) vermieden werden. Zu ganz unrichtigen Resultaten gelangt man jedoch, wenn man sich unmittelbar der Gl. (9) für grössere Druckunterschiede bedient.

Bevor wir nun zu solchen Anwendungen übergehen, ist es nothwendig, das Verhalten der spezifischen Wärmen, die wir bei einem vollkommenen Gase als unveränderlich kennen lernten, mit Rücksicht auf die Thomson-Joule'schen Abkühlungen zu prüfen. Zu diesem Zwecke kehren wir wieder zu den oben betrachteten Elementarkreisprozessen (Fig. 1) zurück.

Ist in Folge des Durchströmens durch das Drosselventil die Temperatur um dT gesunken, so muss, um den ursprünglichen Zustand beim Ansaugen wieder herzustellen, in dieser Periode wegen (10) die Wärmemenge

$$dQ'' = c_p dT = c_p a \frac{dp}{T^2}$$

wieder zugeführt werden und es besteht, wenn dQ' die während der isothermischen Verdichtung um dp abgeführte

Wärme bedeutet, für wirkliche Gase statt (5) mit Rücksicht auf die Vorzeichen die Gleichung

$$-dQ' = c_p a \frac{dp}{T^2} + A v dp \quad . \quad . \quad (13)$$

Dieser Formel wird aber Genüge geleistet, wenn man der Wärmegleichung für wirkliche Gase statt (3) die Form*)

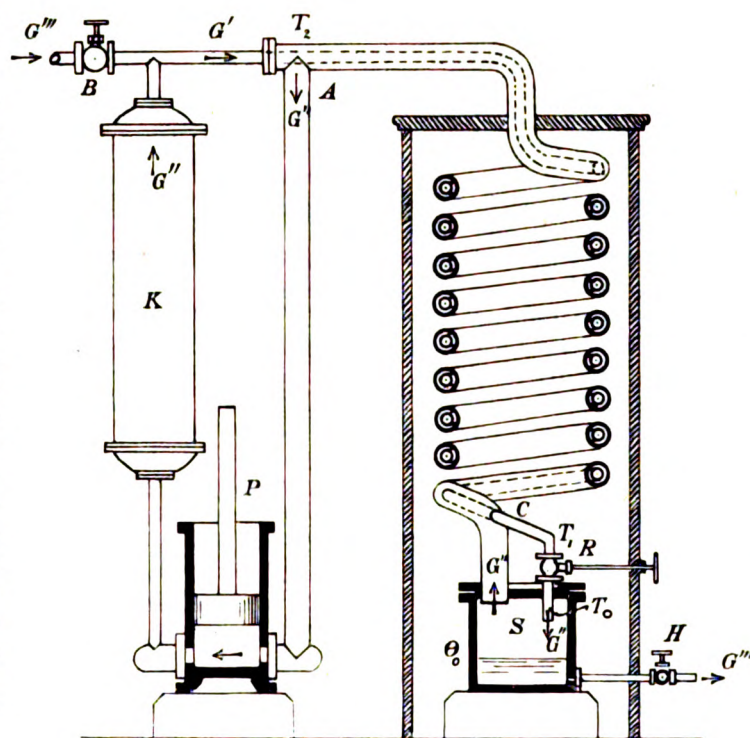
$$dQ = (c_v + AR) dT - c_p a \frac{dp}{T^2} - A v dp \quad . \quad (14)$$

giebt. Hieraus folgt, dass die spezifische Wärme für konstanten Druck

$$c_p = \left(\frac{dQ}{dT} \right)_p = c_v + AR \quad . \quad . \quad (15)$$

wie bei vollkommenen Gasen als Konstante betrachtet werden kann, wenn c_v unveränderlich ist. Allerdings muss betont werden, dass diese letztere Grösse jetzt nicht mehr ohne Weiteres als spezifische Wärme bei konstantem Volumen bezeichnet werden darf, da man diese aus (14) erst durch Elimination von p mit Hilfe einer nunmehr nicht mit der Gl. $p v = RT$ übereinstimmenden Zustandsgleichung zu ermitteln hat. Für die nachstehenden Untersuchungen ist jedoch nur die Kenntniss der spezifischen Wärme bei konstantem Drucke nothwendig, welche wir — ohne auf das Verhalten der spezifischen Wärme bei konstantem Volumen weiter einzugehen — auf Grund von (15) in der Folge als unabänderlich annehmen wollen.

Fig 2.



2. Das Linde'sche Verfahren der Verflüssigung der Luft.

Die Thomson-Joule'sche Abkühlung der Luft beim Durchströmen eines Drosselventils hat nun trotz ihrer Kleinheit bei mässigen Druckunterschieden in neuester Zeit durch Prof. C. Linde eine in hohem Grade bemerkenswerthe technische Anwendung gefunden, und zwar zunächst zur

Verflüssigung der Luft, deren Temperatur durch successive Thomson-Joule'sche Abkühlung bis unter ihren kritischen Punkt erniedrigt wird, und schliesslich zur Trennung des Sauerstoffes von dem damit in der Atmosphäre gemischten Stickstoff.

Die immer gesteigerte Abkühlung erreicht Linde*) durch einen Gegenstromapparat, in welchem die nach dem Drossel- oder Regulirventil hinströmende, von einem Kompressor verdichtete Luft mit der vom Drosselventil abfliessenden, also abgekühlten Luft im fortwährenden Temperatúraustausch sich befindet. Saugt nun der Kompressor die abgedrosselte Luft immer wieder an und führt sie verdichtet dem Regulirventil wieder zu, nachdem ihr die Kompressionswärme in einem gewöhnlichen Kühler durch

Wasser entzogen worden ist, so muss ersichtlich die Temperatur vor und hinter dem Ventil immer tiefer sinken, bis schliesslich mit der Verflüssigung ein Beharrungszustand eintritt.

Der Linde'sche Gegenstromapparat bestand nun aus zwei ineinander gelegten Rohren von verschiedenem Durchmesser (100 mm und 40 mm lichter Dm. bei einer gemeinsamen Gesamtlänge von rund 100 m), welche, wie Fig. 2 in schematischer Darstellung zeigt, zusammen spiralförmig aufgewunden sind, ohne dass die einzelnen Windungen sich berühren. Es war dies nothwendig, da ein Wärmeaustausch nur zwischen der im inneren Rohr strömenden verdichteten und der im Ringraume zwischen beiden Rohrwandungen derselben begegnenden abgedrosselten Luft beabsichtigt war, Wärmeübergänge aber zwischen

den einzelnen Windungen, deren Temperaturen im Betriebe an übereinander liegenden Theilen schon recht beträchtliche Unterschiede aufweisen, ebenso möglichst vermieden werden mussten, wie das Eindringen von äusserer Wärme durch Leitung und Strahlung. Zu diesem Zwecke waren die einzelnen Windungen unter sich und nach aussen durch Schafwolle isolirt und mit dieser in ein stehendes zylindrisches

*) Die Einführung der Thomson-Joule'schen Abkühlung in die Wärmegleichung der Gase ist meines Wissens bisher von Niemand unternommen worden, während sie schon von ihren Entdeckern dazu benutzt wurde, die Zustandsgleichung der Gase zu verallgemeinern. Siehe hierüber: Phil. Transactions of the Roy. Society 182, S. 579, sowie Clausius: Mechan. Wärmetheorie, I. Bd., 2. Aufl., S. 237.

*) Eine kurze Beschreibung des Verfahrens veröffentlichte ich zuerst in der Zeitschrift für Kälte-Industrie 1895, S. 143, auf Grund eines Vortrags, den Prof. Linde am 31. Mai 1895 vor einem kleineren geladenen Kreise unter Vorführung der im Betriebe befindlichen Apparate in der Münchener Station für Kühlmachines hielt, ohne daran theoretische Betrachtungen zu knüpfen. Inzwischen ist in der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure

Holzgefäß eingebettet. Dieses umhüllt auch noch ein metallenes starkwandiges Sammelgefäß S , in welches die beiden den Gegenstromapparat bildenden Rohre, nachdem sie bei C getrennt worden sind, einmünden, und zwar das weitere, als Saugleitung dienende, direkt, die engere Druckleitung dagegen nach Einschaltung des schon erwähnten Regulirventils R . Das Sammelgefäß ist ausserdem noch mit einem Ablasshahn H versehen.

Ausserhalb des Holzgefässes vereinigen sich die beiden Rohre bei A ; die weitere Saugleitung führt von dort nach dem Kompressor P , in dem die Luft bezw. das abgesaugte Gas wieder verdichtet und in einem Kühler K auf die ursprüngliche Temperatur zurückgeführt wird. Hinter dem Kühler ist durch ein Absperrventil B eine Frischluftleitung an das Druckrohr angeschlossen, durch welche, nachdem die Verflüssigung im Sammelgefässe S begonnen hat, das Kondensat durch neu eingepumpte — vorher sorgfältig getrocknete und ihrer Kompressionswärme beraubte — Luft ersetzt wird. Diese Frischluftleitung wird von einem Kompressor, der in Fig. 2 nicht mit dargestellt ist, gespeist.

Die ganze Vorrichtung arbeitet nun, da in ihrem Innern zu Beginn ersichtlich die gleiche Temperatur herrschen muss, wie in ihrer Umgebung, in zwei scharf zu trennenden Perioden, nämlich

- a) eine Zeitlang, bis im Sammelgefäß S durch fortwährende Temperaturerniedrigung die dem dort herrschenden Drucke entsprechende Sättigungstemperatur erreicht ist, und von da ab
- b) im Beharrungszustande, der durch stetige Verflüssigung eines Theiles der eingepumpten Luft, Entfernung derselben mittelst des Hahnes H und Ersatz durch die Frischluftleitung gekennzeichnet ist.

Beide Perioden erfordern eine vollständig getrennte rechnerische Behandlung.

3. Die Periode der Temperaturerniedrigung.

Wir wollen voraussetzen, dass bei Beginn dieser Periode in der ganzen Vorrichtung schon diejenigen Drücke herrschen, welche im Verlaufe der ganzen Arbeitszeit unverändert beibehalten werden. Es kann dies z. B. durch einige Umdrehungen des oben erwähnten Hilfskompressors leicht erzielt werden. Diese Pressungen seien absolut gemessen vor dem Regulirventil R in der Druckleitung p_1 kg/qm, hinter demselben, also im Sammelgefäß S und in der Saugleitung bis zum Kompressor P dagegen p_0 kg/qm. Die — immer absolut zu verstehende — Temperatur der

1895, S. 1157 ein Vortrag von Prof. M. Schröter erschienen, in welchem der Versuch gemacht wird, wenigstens den Verflüssigungsprozess theoretisch zu verfolgen. Doch sind die Rechnungen, in denen überdies statt der richtigen Formel (12) die von Thomson selbst nur für ganz kleine Intervalle gebrauchte Gl. (8) verwendet wird, nicht weit genug durchgeführt, um sie zahlenmässig zu verwerthen.

Für den vorliegenden Aufsatz, dessen Entwicklungen sich wesentlich auf die Gl. (14) und die daraus hergeleitete Unveränderlichkeit der Grösse c_p stützen, sind die Schröter'schen Formeln nicht benutzt worden. Dagegen erwies sich das von Schröter veröffentlichte Temperaturdiagramm für so werthvoll zur Bestimmung der Strahlungs- und Leitungsverluste, dass ich dasselbe als Fig. 3 aufnehmen zu müssen glaubte.

aus dem Kühler K kommenden und bei A der abgesaugten begegnenden Druckluft sei T_2 und werde der Einfachheit halber mit der Temperatur der Aussenluft als identisch angenommen. Im Gegenstromapparat werde nun die hochgespannte Luft bis zum Regulirventil auf T_1^0 abgekühlt, während sich die entgegenkommende, aus dem Sammelgefäß mit θ^0 abgesaugte Luft bis zur Trennung A der beiden Rohre auf T_2^0 erwärmt. An dieser Stelle wird also für die zu- und abströmende Luft völlige Temperaturgleichheit vorausgesetzt, welche streng genommen nur durch einen vollkommen wirkenden Gegenstromapparat erreicht werden kann. Indessen haben die Messungen an dem Linde'schen Versuchsapparat nur einen Unterschied von wenig über 2^0 C. bei nur äusserst geringen absoluten Schwankungen ergeben, der gegenüber den sonst auftretenden Temperaturdifferenzen verschwindet und die Annahme der Gleichheit und Beständigkeit der Temperaturen der sich bei A begegnenden Luftmengen gerechtfertigt erscheinen lässt.

Der ganze Wärmeaustausch im Verlaufe der Gegenströmung wird nun ersichtlich dadurch beeinflusst, dass die aus dem Sammelgefäß abgesaugte Luft nicht nur die nach demselben hinströmende, sondern auch den ganzen Apparat nach und nach im Innern abzukühlen hat, während die Aussenwandungen offenbar die atmosphärische Temperatur T_2 beibehalten. Endlich ist auch noch die von aussen durch Leitung und Strahlung eindringende Wärme, die mit sinkender Temperatur immer mehr wächst, aufzunehmen.

Für die Berechnung der zur Abkühlung der Vorrichtung nöthigen Wärmeentziehung nehmen wir an, dass die Mitteltemperatur derselben eine lineare Funktion der jeweils tiefsten Temperatur θ im Sammelgefässe sei und dass ausserdem die mittlere spezifische Wärme c der aus verschiedenen Stoffen (Eisen, Wolle, Holz) bestehenden Gesamtmasse sich mit der Temperatur nicht ändere. Diese Masse zerlegen wir in zwei Theile, deren erster vom Gewicht P_1 kg sich von oben bis zum Regulirventil erstreckt, während der andere vom Gewicht P_2 kg das Sammelgefäß und seine Umgebung umfasst.

Es sei nunmehr G' das Gewicht der in der Zeiteinheit in der inneren Spirale dem Regulirventil zuströmenden, G'' das der gleichzeitig in der äusseren Spirale strömenden, aus dem Sammelgefäß abgesaugten Luft, so wird ein Element dG'' der letzteren durch seine Temperaturerhöhung von θ auf T_2 zunächst das Element dG' der zuströmenden Luft von T_2 auf T_1 abkühlen, die mittlere Temperatur des oberen Theiles P_1 des ganzen Apparates um $a_1 d\theta$ erniedrigen und schliesslich durch Leitung und Strahlung die Wärme dQ' von aussen aufnehmen. Da der Wärmeaustausch der beiden Luftmengen — unter Vernachlässigung der Bewegungswiderstände und der Strömungsenergie — bei konstantem Drucke erfolgt, so haben wir für die Gegenströmung die Gleichung

$$c_p(T_2 - \theta)dG'' = c_p(T_2 - T_1)dG' - a_1 c P_1 d\theta + dQ' \quad (16)$$

worin $d\theta$ negativ ist, da θ abnimmt.

Zwischen den Grössen dG' und dG'' besteht nun, wenn wir die Gültigkeit des Mariotte-Gay-Lussac'schen Gesetzes für den Gaszustand noch anerkennen, eine einfache Beziehung. Ist nämlich G die augenblicklich im

Sammelgefäß, dessen Volumen V cbm beträgt, befindliche Luftmenge, so hat man nach (1)

$$p_0 V = GR \cdot \theta \quad . \quad . \quad . \quad (17)$$

worin nur G mit θ variiert. Der Zuwachs dG ist aber identisch mit der Differenz $dG' - dG''$, so dass man hat

$$dG' - dG'' = -\frac{V p_0}{R} \cdot \frac{d\theta}{\theta^2} = -\frac{G}{\theta} d\theta \quad . \quad (18)$$

Eliminiert man mit Hilfe dieser Gleichung dG' aus (16), so wird

$$\begin{aligned} & c_p (T_1 - \theta) dG'' \\ &= -\left(a_1 c P_1 + c_p G \frac{T_2 - T_1}{\theta}\right) d\theta + dQ' \quad . \quad (19) \end{aligned}$$

Hierin verschwindet aber wegen des geringen Gewichtes G der Luftmenge im Sammelgefäß das zweite Glied in der Klammer gegen das erste, so dass man den Unterschied der Luftmengen G' und G'' vernachlässigen darf.

Der Versuch hat diese Thatsache bestätigt, insofern es nicht nöthig war, während der Periode der Temperaturerniedrigung den Hilfskompressor, welcher diese Differenz auszugleichen hat, in Thätigkeit zu setzen. Dadurch vereinfacht sich aber die Gl. (19) in

$$c_p (T_1 - \theta) dG'' = -a_1 c P_1 d\theta + dQ' \quad . \quad (20)$$

Die Luftmenge dG tritt nun durch das Regulirventil, wobei sich ihre Temperatur nach Gl. (12) auf T_0 erniedrigen möge, und mischt sich im Sammelgefäß mit der vorhandenen Menge G , deren augenblickliche Temperatur θ^0 ist. Diese Temperatur nimmt dG' an und tritt mit ihr (da, wie wir sahen, dG'' nicht wesentlich von dG' verschieden ist) in die Saugleitung über. Dagegen wird durch diesen Vorgang die Temperatur der Luftmenge G im Sammelgefäß um $d\theta$ erniedrigt und mit ihr die Temperatur des Gefäßes und seiner Umgebung, deren Gesamtgewicht wir oben mit P_2 bezeichneten, um $a_2 d\theta$, so dass wir mit Rücksicht auf die ebenfalls aufzunehmende Leitungs- und Strahlungswärme dQ'' für den Mischungsvorgang im Sammelgefäß die Gleichung erhalten

$$c_p (\theta - T_0) dG' = -(a_2 c P_2 + c_p G) d\theta + dQ'' \quad . \quad (21)$$

welche sich, da auch hier die Luftmenge G gegen das Gewicht P_2 ihre Umgebung vernachlässigt und $dG' = dG''$ gesetzt werden darf, vereinfacht in

$$c_p (\theta - T_0) dG'' = -a_2 c P_2 d\theta + dQ'' \quad . \quad (22)$$

Addirt man nun die Gl. (20) und (22) und setzt

$$dQ' + dQ'' = dQ,$$

so folgt

$$c_p (T_1 - T_0) dG'' = -(a_2 P_1 + a_2 P_2) c d\theta + dQ \quad (23)$$

worin wir die Grösse $(a_1 P_1 + a_2 P_2) c$ entsprechend der für Kalorimeter üblichen Ausdrucksweise als den Wasserwerth des Gegenstromapparates bezeichnen wollen.

Diese Gleichung, in der man, da $T_1 > \theta > T_0$ ist, nach (12)

$$T_1 - T_0 = \frac{a(\rho_1 - \rho_0)}{\theta^2} \quad . \quad . \quad . \quad (24)$$

und $a = 2$ setzen darf, wird darum noch immer nicht integrabel, weil die Abhängigkeit des Leitungs- und Strahlungsverlustes dQ von der Temperatur θ sich theoretisch nicht angeben lässt. Wir werden später dieselbe empirisch ermitteln und wollen zunächst die Integration mit Rücksicht auf (12) und unter Vernachlässigung von dQ ausführen. Ist T_2 die anfängliche Temperatur auch im Sammelgefäß und θ_0 die am Ende der Periode erzielte Temperatur in demselben, so erhalten wir mit $dQ = 0$ aus (23)

$$G'' = \frac{a_1 P_1 + a_2 P_2}{3a(\rho_1 - \rho_2)} \cdot \frac{c}{c_p} (T_2^3 - \theta_0^3) \quad . \quad (25)$$

Es ist dies diejenige Luftmenge, welche man zur Erniedrigung der inneren Temperatur eines vollkommen isolirten Apparates vom Gesamtgewicht $P_1 + P_2$ von T_2 auf θ_0 hindurchströmen lassen muss.

Die zur Verdichtung dieser Menge notwendige Arbeit lässt sich sofort berechnen, wenn wir das Gesetz der Kompressionskurve kennen. Die absolut notwendige Trockenheit der Luft (deren Feuchtigkeitsgehalt durch Bildung von Eispfropfen den Betrieb stören würde), lässt nun eine wirksame Kühlung (d. h. durch Wassereinspritzung) während der Kompression nicht zu, so dass man auf eine adiabatische Verdichtung in der Praxis angewiesen ist, deren Druckkurve nach der Formel

$$p \cdot v^k = p_0 \cdot v_0^k$$

verläuft. Dann ergibt sich die wirklich aufzuwendende indizierte Kompressorarbeit*) für G'' kg Luft bei einer Anfangstemperatur von T_2^0 bekanntlich zu

$$L'' = G'' R \cdot G_2 \frac{k}{k-1} \left(\left(\frac{p_1}{p_0} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right) \quad . \quad (26)$$

Es ist von Interesse, diese Resultate mit denen eines theoretisch vollkommenen Prozesses, welcher dieselbe Abkühlung des Apparates zur Folge hat, zu vergleichen. Ein solcher Vorgang muss in allen Theilen umkehrbar verlaufen, d. h. er muss die Clausius'sche Gleichung

$$\int \frac{dQ}{T} = 0 \quad . \quad . \quad . \quad (27)$$

in der das Integral sich über den ganzen Verlauf erstreckt, erfüllen.

Hat man es nun mit einem Körper zu thun, welchem die Wärme Q_2 so zu entziehen ist, dass hierbei dessen Temperatur von T_2 auf θ_0 abnimmt, während gleichzeitig die aufgenommene Wärme vermehrt um das Aequivalent der aufgewendeten Arbeit, also zusammen Q_1 einem Kühlkörper, der im Idealfalle**) seine Temperatur (welche der

*) Die Arbeitsgleichung ist wieder mit Hilfe des Gasesgesetzes $p v = R T$ abgeleitet, dessen Anwendbarkeit hier, wo nur normale Temperaturen in Frage kommen, keine Bedenken erregen dürfte.

**) Ueber derartige von mir als polytropische bezeichnete Kreisprozesse und deren Anwendung zum Vergleich thermodynamischer Vorgänge siehe meine Abhandlung: „Beiträge zur Beurtheilung der Kühlmaschinen“; Zeitschr. d. V. d. Ing. 1894, Heft 3 bis 5. Die isothermische Wärmeabgabe in solchen Kühlern kann man sich durch Verdunstung von Wasser erzielt denken.

Einfachheit halber wieder $= T_2$ gesetzt werden kann) nicht zu ändern braucht, mitgetheilt wird, so zerfällt, da andere Wärmeübergänge nicht in Frage stehen, Gl. (27) in die beiden Glieder

$$\int_{\theta_0}^{T_2} \frac{dQ_2}{T} = \frac{Q_1}{T_2} \quad \dots \quad (27a)$$

Nun ist aber in unserem Falle abgesehen, von den Leitungs- und Strahlungsverlusten

$$dQ_2 = c(a_1 P_1 + a_2 P_2) d\theta \quad \dots \quad (28)$$

oder

$$Q_2 = c(a_1 P_1 + a_2 P_2)(T_2 - \theta_0) \quad (28a)$$

mithin wird aus (27a)

$$c(a_1 P_1 + a_2 P_2) \ln \frac{T_2}{\theta_0} = \frac{Q_1}{T_2} \quad \dots \quad (27b)$$

Der theoretisch günstigste, d. h. kleinste Arbeitsverbrauch L_m aber folgt hieraus mit Hülfe des Aequivalent-satzes zu

$$AL_m = Q_1 - Q_2 \quad \dots \quad (29)$$

oder nach Einsetzen von Q_1 und Q_2 aus (27b) und (28a)

$$L_m = \frac{c}{A} (a_1 P_1 + a_2 P_2) \left(T_2 \ln \frac{T_2}{\theta_0} - T_2 + \theta_0 \right) \quad (29a)$$

Das Verhältniss dieser Arbeit zu der oben aus (26) erhaltenen

$$\eta = \frac{L_m}{L''} \quad \dots \quad (30)$$

stellt den thermodynamischen Wirkungsgrad unseres Prozesses dar.

Beispiel: Es sei ein Gegenstromapparat gegeben, dessen oberer Theil vom Regulirventil ab gerechnet das Gewicht $P = 1000 \text{ kg}$, dessen unterer Theil dagegen das Gewicht $P_2 = 250 \text{ kg}$ besitzen möge. Die konstante mittlere spezifische Wärme sei $c = 0.3$. Die anfängliche Temperatur sei im ganzen Apparate $T_2 = 290^\circ$ (d. h. 17° Cels.), die schliessliche im Sammelgefäss herrschende Temperatur sei $\theta_0 = 110^\circ$ (d. h. -163° Cels.), im Druckrohr werde eine absolute Trennung von $p_1 = 750\,000 \text{ kg/qm}$ (d. h. $75 \frac{\text{kg}}{\text{qm}}$), im Sammelgefäss und in der Saugleitung eine solche von $p_0 = 250\,000 \text{ kg/qm}$ (d. h. $25 \frac{\text{kg}}{\text{qm}}$) aufrecht erhalten.

Die Temperaturvertheilung in dem aus homogenem Material gedachten zylindrischen vertikalen Apparat möge nun so vorgedacht werden, dass an der Stelle des Sammelgefässes die jeweils tiefste Temperatur θ herrsche, welche in der Achse nach oben gleichförmig bis $T_2 (= 290^\circ)$ zunimmt. Ausserdem nehme die Temperatur in jedem Horizontalschnitt gleichförmig von innen bis an den Mantel, der dort die umgebende Atmosphäre auf T_2 erhalten wird, zu. Dann haben wir als Mitteltemperatur in der Achse des oberen Theiles $\frac{1}{2}(T_2 + \theta)$, also als totale Mitteltemperatur von P_1

$$\frac{1}{2} \left(T_2 + \frac{T_2 + \theta}{2} \right) = \frac{3}{4} T_2 + \frac{1}{4} \theta,$$

während die Mitteltemperatur des unteren Theiles P_2 sich zu $\frac{1}{2}(T_2 + \theta)$ ergibt. Eine Temperaturabnahme von θ um $d\theta$ hat also für den ganzen Apparat eine Wärmeabnahme von

$$\left(\frac{1}{4} P_1 + \frac{1}{2} P_2 \right) c \cdot d\theta$$

zur Folge, so dass der oben definirte Wasserwerth des Gegenstromapparates

$$(a_1 P_1 + a_2 P_2) c = \left(\frac{1}{4} \cdot 1000 + \frac{1}{2} \cdot 250 \right) 0.3 = 112.5$$

wird. Damit aber ergibt sich aus (25) ohne Rücksicht auf Leitungs- und Strahlungsverluste ein Luftgewicht von

$$G'' = \frac{112.5}{3 \cdot 2 \cdot 50000} (290^3 - 110^3) = \text{rd. } 3850 \text{ kg},$$

durch dessen Zirkulation eine Wärmemenge von

$$Q_2 = 112.5 (290 - 110) = 20250 \text{ W.E.}$$

aufgenommen wird. Die zur adiabatischen Verdichtung der Luft nöthige Kompressorarbeit ist mit $k = 1.41$ nach (26)

$$L'' = 3850 \cdot 29.4 \cdot 290 \cdot \frac{1.41}{0.41} \left(\left(\frac{p_1}{p_0} \right)^{\frac{0.41}{1.41}} - 1 \right) = 42\,510\,600 \text{ mkg}$$

oder rund $157.4 \text{ PSi-Stunden}$. Dieses Ergebniss wird um so genauer der Wirklichkeit entsprechen, in je kürzerer Zeit die Temperaturerniedrigung durchgeführt wird, bezw. je grösser der Zirkulationskompressor ist, da alsdann die der Zeit proportionalen Strahlungs- und Leitungsverluste nicht so ins Gewicht fallen.

Hätten wir die Temperaturerniedrigung durch eine theoretisch vollkommene Maschine vollzogen, so wäre deren Arbeitsverbrauch nach (29a) nur

$$L_m = 424 \cdot 112.5 \cdot \left(290 \ln \frac{290}{110} - 290 + 110 \right) = 4\,817\,700 \text{ mkg}$$

oder rund 17.8 PSi-Stunden . Dem unter den oben vorgeschriebenen Bedingungen sich vollziehenden wirklichen Prozesse der Temperaturerniedrigung entspricht also ein thermodynamischer Wirkungsgrad von nur

$$\eta = \frac{4\,817\,700}{42\,510\,600} = 0.113.$$

Die in der Linde'schen Versuchsstation gewonnenen Ergebnisse lassen übrigens einige Schlüsse über die Grösse der bei der Integration der Gl. (23) vernachlässigten und darum auch im vorstehenden Beispiel unberücksichtigt gebliebenen Leitungs- und Strahlungsverluste Q zu, welche zur rechnerischen Behandlung der späteren Periode der Verflüssigung von Wichtigkeit sind. Während der Temperaturerniedrigung wurden nämlich bei gleichmässig arbeitendem Kompressor die Temperaturen θ im Sammelgefäss, T_1 vor dem Regulirventil (gewonnen durch den elektrischen Widerstand von Drahtspulen) und die von einander wenig abweichenden, in unserer Rechnung stets gleich gesetzten Eintritts- und Austrittstemperaturen T_2 der Luft im Gegenstromapparat beobachtet und als Funktionen der Zeit graphisch aufgetragen*) (siehe Fig. 3). Dabei ergab sich, dass die Temperaturen T_1 und θ , nachdem man den Nullpunkt unterschritten hatte, fast genau proportional mit der Zeit abnahmen, so dass man, da auch die vom Kompressor bei konstanter Umdrehungszahl geförderte Luftmenge G'' derselben proportional sein muss, setzen darf

$$dG'' = -\beta d\theta \quad \dots \quad (31)$$

Setzt man diesen empirisch gewonnenen Werth in (23) ein, so wird mit Rücksicht auf (24) aus dieser Gleichung

$$-\frac{dQ}{d\theta} = \frac{\beta \cdot c_p a (p_1 - p_0)}{\rho^2} - (a_1 P_1 + a_2 P_2) c \quad (32)$$

woraus sich durch Integration zwischen den Grenzen T_2 und θ_0 der gesamte Leitungs- und Strahlungsverlust

*) Diese Figur ist eine Wiedergabe des von Prof. Schröter (Zeitschrift d. V. d. Ing. 1895, S. 1159) veröffentlichten Diagramms mit etwas anderen Maassstäben.

$$Q = -c(a_1 P_1 + a_2 P_2)(T_2 - \theta_0) + \beta c_p a(p_1 - p_0) \left(\frac{1}{\theta_0} - \frac{1}{T_2} \right) \quad (33)$$

ergiebt. Von diesen beiden Gleichungen ist (32) darum besonders wichtig, weil sie uns die Möglichkeit gewährt, den Wasserwerth

$$(a_1 P_1 + a_2 P_2) c$$

dessen theoretische Ermittlung, wie sie im obigen Beispiel geschah, in der Praxis sehr unzuverlässig sein dürfte, für einen gegebenen Apparat mit bekanntem β zu be-

nur den totalen Strahlungs- und Leitungsverlust aus (33), sondern auch den Werth derselben für jedes Temperaturintervall zu ermitteln. Zu letzterem Zwecke bedient man sich übrigens mit Vortheil wieder der Gl. (32), deren Gültigkeit man ohne Weiteres auf kleine endliche Temperaturintervalle ausdehnen kann. Es ist dann, wenn $\Delta\theta$ die stündliche Temperatursenkung im Sammelgefäß bedeutet, der dieser Zeit entsprechende Verlust bei einer Mitteltemperatur θ

$$\Delta Q = -\Delta\theta \cdot \left(\frac{\beta c_p a(p_1 - p_0)}{\theta^2} - (a_1 P_1 + a_2 P_2) c \right) \quad (32a)$$

Die totale Kälteleistung mit Berücksichtigung der Strahlungsverluste während der ganzen Periode der Temperaturerniedrigung von T_2 bis auf θ_0 ergibt sich nunmehr durch Summierung von (28a) und (33) zu

$$Q_2 + Q = \beta c_p a(p_1 - p_0) \left(\frac{1}{\theta_0} - \frac{1}{T_2} \right) \quad (35)$$

während sich die innerhalb dieser Periode zirkulierende Luftmenge durch Integration von (31) zu

$$G'' = \beta(T_2 - \theta_0) \quad (36)$$

bestimmt. Mit Hülfe dieses Werthes erhält man dann den Arbeitsaufwand wieder nach Gl. (26).

Beispiel: Aus dem Temperaturdiagramm Fig. 3 ergibt sich für die Linde'sche Versuchsvorrichtung eine mittlere stündliche Temperatursenkung im Sammelgefäß von $11,2^\circ \text{C}$. Nehmen wir jetzt an, der Kompressor habe hierbei stündlich $G'' = 500 \text{ kg}$ Luft von 25 kg/qcm Spannung auf 75 kg/qcm verdichtet, so folgt aus (31) zunächst die Konstante β

$$\beta = \frac{500}{11,2} = 44,7.$$

Hiermit erhalten wir aus (34) für die Anfangstemperatur $T_2 = 290^\circ (+17^\circ \text{C})$ $c_p = 0,2377$ und $a = 2$ (siehe oben Gl. [9]) den Wasserwerth des Gegenstromapparates

$$(a_1 P_1 + a_2 P_2) c = 127,5$$

und für die ganze Periode der Temperaturerniedrigung von $T_2 = 290$ auf $\theta_0 = 110$ (d. i. -163°C) aus (35) die totale Kälteleistung

$$Q_2 + Q = 60400 \text{ WE},$$

wovon

$$Q_2 = (a_1 P_1 + a_2 P_2) c(T_2 - \theta_0) = 22950 \text{ WE}$$

auf die Abkühlung des Gegenstromapparates, der Rest von 37450 WE auf die Leitungs- und Strahlungsversuche entfallen.

Die während der ganzen Periode zirkulierende Luftmenge ist nach (36)

$$G'' = 44,7(290 - 110) = 8046 \text{ kg}$$

und erfordert zur adiabatischen Verdichtung von p_0 auf p_1 bei einer Anfangstemperatur von T_2 nach (26) die Arbeit

$$L'' = 88830000 \text{ mkg}$$

oder rund 329 PSi -Stunden. Bei einer stündlichen Temperaturabnahme um $11,2^\circ$ würde die ganze Temperaturerniedrigung von T_2 auf θ_0 eine Zeit von $180 : 11,2 = 16,07$ Stunden erfordern, so dass der Kompressor stündlich rd. $20,4 \text{ PSi}$ zu leisten hätte.

Vergleicht man die vorstehenden Zahlen mit den Werthen des früheren Beispiels, dem allerdings ein etwas kleinerer Wasserwerth entsprach, so erkennt man doch den ausserordentlichen Einfluss der schädlichen Leitungs- und Strahlungswärme auf den Arbeitsverbrauch. Wie stark dieselbe auf die Zeiteinheit bezogen

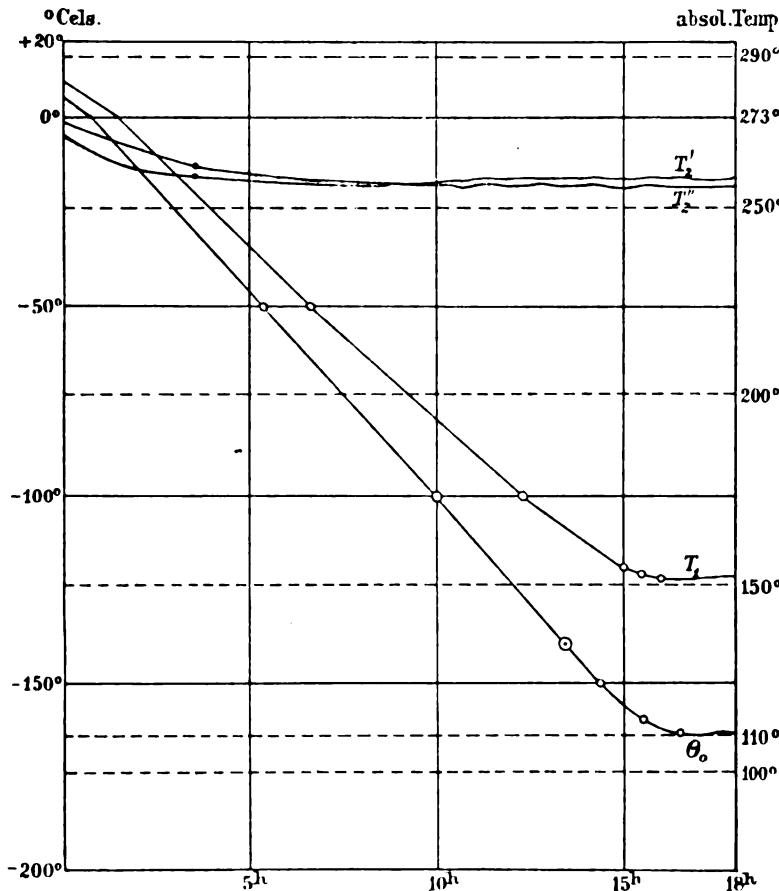


Fig. 3.

stimmen. Denkt man sich nämlich die Anfangstemperatur im Innern der ganzen Vorrichtung zunächst etwas höher als die Aussentemperatur, so wird durch Leitung und Strahlung so lange Wärme nach aussen abgegeben, bis die Temperatur T_2 erreicht ist; von da ab aber wird bei fortgesetzter Erniedrigung Wärme aufgenommen. In einem kleinen, immerhin aber endlichen Temperaturintervall von T_2 wird sich nun diese Wärmezufuhr und abfuhr gerade aufheben, so dass wir für diese Temperatur $\theta = T_2$ aus (32) haben

$$(a_1 P_1 + a_2 P_2) c = \frac{\beta c_p a(p_1 - p_0)}{T_2^2} \quad (34)$$

Mit diesem Werthe ist man dann im Stande, nicht

mit sinkender Temperatur zunimmt, ergibt sich deutlich aus (32a), wenn man darin z. B. die tiefste Temperatur $\theta_0 = 110^\circ$ einsetzt. Man erhält dann für ein stündliches Temperaturintervall von $\Delta\theta = 11,2^\circ$ um diese Temperatur θ_0 den Werth

$$\Delta Q = 11,2 \left(\frac{44,7 \cdot 0,2377 \cdot 2 \cdot 500000}{110^3} - 127,5 \right) = \text{rd. } 8500 \text{ WE,}$$

ein Ergebniss, von dem wir bei der rechnerischen Verfolgung der Verflüssigungsperiode Gebrauch machen werden.

4. Die Periode der Verflüssigung.

Die Verflüssigung der im Sammelgefässe S befindlichen Luft beginnt, sobald die dem Drucke p_0 entsprechende Sättigungstemperatur θ_0 erreicht ist. Im Temperaturdiagramm (Fig. 3) erkennt man den Eintritt dieser Periode daran, dass die Temperaturkurve in eine horizontale Gerade übergeht, die Temperatur also konstant bleibt. Mit dem Eintreten dieses Zeitpunktes muss sofort, um einen raschen Druckabfall in der Saugleitung zu verhindern, der Hilfskompressor in Thätigkeit treten, der das Kondensat durch frisch eingepumpte Luft zu ersetzen hat.

Bezeichnen wir wieder, wie früher, das in der Druckleitung des Gegenstromapparates zum Regulirventil in der Zeiteinheit strömende Gewicht mit G' , die vom Zirkulationskompressor aus dem Sammelgefäss in der gleichen Zeit abgesaugte Menge mit G'' , so ist offenbar

$$G''' = G' - G'' \quad \dots \quad (37)$$

das in der Zeiteinheit der Zirkulation entzogene Kondensat, dessen Verdampfungswärme (d. h. gesammte latente Wärme) wir mit r bezeichnen wollen. Die Temperatur vor dem Regulirventil sei wieder T_1 ; sie sinkt in Folge des Durchströmens auf $T_0 < \theta_0$ nach Gl. (12). Wie das Temperaturdiagramm zeigt, kann man den Unterschied zwischen den Temperaturen der in den Gegenstromapparat eintretenden und denselben verlassenden Luft auch ferner vernachlässigen und beide Temperaturen, wie oben $= T_2$ setzen.

Eine Erniedrigung der Durchschnittstemperatur des Apparates findet dagegen jetzt nicht mehr statt, so dass in die Formeln keine den Wasserwerth desselben enthaltenden Glieder eintreten und wir ausser der Wechselwirkung zwischen den einzelnen Theilen des eintretenden und austretenden Gases, bezw. der gebildeten Flüssigkeit nur noch die jetzt als konstant zu betrachtenden Leitungs- und Strahlungsverluste in Rechnung zu ziehen haben. Dieselben seien, im Verlaufe der Gegenströmung auf die Zeiteinheit bezogen, wieder Q' , dann besteht unter Beibehaltung der unveränderlichen spezifischen Wärmen c_p auf Grund der Gl. (14) und (15) für den Wärmeaustausch der ein- und austretenden Luft die Gleichung

$$c_p (T_2 - \theta_0) G'' = c_p (T_2 - T_1) G' + Q' \quad \dots \quad (38)$$

oder wegen (37)

$$c_p (T_1 - \theta_0) G'' = c_p (T_2 - T_1) G''' + Q' \quad \dots \quad (39)$$

Im Sammelgefäss findet nun ein Mischungsvorgang statt, indem G' mit dem absolut gerechneten Wärmeinhalt $G' c_p T_0$ vom Regulirventil her eintritt, G'' mit dem Wärmeinhalt $G'' c_p \theta_0$ abgesaugt und G''' mit dem noch um die Verdampfungswärme verminderten Wärmeinhalt

$$G''' (c_p \theta_0 - r)$$

niedergeschlagen und zur Erhaltung des Beharrungszustandes abgelassen wird. Die gleichzeitig von aussen eintretende schädliche Wärme sei Q'' , so dass wir durch Gleichsetzen der positiven und negativen Wärmemengen erhalten

$$G'' c_p \theta_0 + G''' (c_p \theta_0 - r) = G' c_p T_0 + Q'' \quad \dots \quad (40)$$

oder wegen (37)

$$c_p (\theta_0 - T_0) G'' = c_p (T_0 - \theta_0) G''' + G''' r + Q'' \quad (41)$$

Durch Addition von (39) und (41) ergibt sich aber, wenn wir den gesammten Leitungs- und Strahlungsverlust

$$Q' + Q'' = Q$$

setzen,

$$c_p (T_1 - T_0) G'' = c_p (T_2 - \theta_0) G''' - c_p (T_1 - T_0) G''' + G''' r + Q \quad (42)$$

oder die zur Verflüssigung von G''' kg abzusaugende Menge G''

$$G'' = \frac{c_p (T_2 - \theta_0) G''' - c_p (T_1 - T_0) G''' + G''' r + Q}{c_p (T_1 - T_0)} \quad (43)$$

worin $T_1 - T_0$ nach (12) zu berechnen ist.

Für die Berechnung der Betriebsarbeit hat man zu beachten, dass in dieser Verflüssigungsperiode ausser dem Zirkulationskompressor, welcher die Luftmenge G''' von p_0 auf p_1 verdichtet, noch der Hilfskompressor in Thätigkeit ist. Derselbe saugt aus der Atmosphäre das Gewicht G'' mit dem äusseren Drucke p_2 an und verdichtet es ebenfalls auf p_1 . Nehmen wir wieder, wie früher an, dass die Kompression in beiden Maschinen adiabatisch verläuft, ebenso, dass die Luft in beiden mit der Temperatur T_2 angesaugt wird, so erhalten wir die gesammte Betriebsarbeit

$$L = G'' R \cdot T_2 \frac{k}{k-1} \left(\left(\frac{p_1}{p_0} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right) + G''' R \cdot T_2 \left(\left(\frac{p_1}{p_0} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right) \quad \dots \quad (44)$$

welcher eine totale Kälteleistung von

$$Q_2' = c_p (T_2 - \theta_0) G''' + G''' r + Q \quad \dots \quad (45)$$

entspricht, von der indessen nur der um die Verluste verminderte Betrag

$$Q_2 = c_p (T_2 - \theta_0) G''' + G''' r \quad \dots \quad (45a)$$

nutzbar zur Verfügung steht. Vergleicht man also den hier geschilderten Prozess mit einem theoretisch vollkommenen, so ist für den letzteren nur die nutzbare, durch (45a) ausgedrückte Kälteleistung in Rechnung zu setzen. Ein solcher vollkommener Prozess muss nun wieder die Clausius'sche Gleichung (27) erfüllen, welche für unseren Fall dann ein Minimum der Betriebsarbeit L_m ergibt, wenn die Wärmeabfuhr Q_1 bei unveränderter Temperatur, also isothermischer Kompression, vor sich geht. Dann zerfällt aber (27) in

$$\int_{\theta}^{T_1} \frac{G''' c_p dT}{T} + \frac{G''' r}{\theta_0} = \frac{Q_1}{T_2} \quad \dots \quad (27b)$$

oder

$$G''' c_p \lg n \frac{T_2}{\theta_0} + \frac{G''' r}{\theta_0} = \frac{Q_1}{T_2} \quad . . . (46)$$

Hierzu tritt noch der Ausdruck für die Wärmeäquivalenz im Kreisprozess

$$AL_m = Q_1 - Q_2 \quad . . . (47)$$

aus dem sich durch Einsetzen von Q_1 aus (46) und Q_2 aus (45a) der theoretisch günstigste, also geringste Arbeitsaufwand zu

$$L_m = \frac{G'''}{A} \left\{ T_2 c_p \lg n \frac{T_2}{\theta_0} + \left(\frac{T_2}{\theta_0} - 1 \right) r - c_p (T_2 - \theta_0) \right\} \quad (47a)$$

ergibt. Der Quotient von (44) und (47a) stellt dann den thermodynamischen Wirkungsgrad dar.

Beispiel: Für unser letztes Beispiel zur Erläuterung des Vorgangs der Temperaturerniedrigung nahmen wir in ungefähre Uebereinstimmung mit der Linde'schen Versuchsanordnung eine tiefste Temperatur $\theta_0 = 110$ (d. i. -163° Cels.), sowie eine Pressungsdifferenz vor und hinter dem Regulirventil von 50 kg/qcm an. Mit diesen Werthen folgt aus (12) ein Temperaturabfall am Regulirventil von

$$T_1 - T_0 = \frac{2 \cdot 500000}{110} = 82,6^\circ,$$

wobei wir entsprechend der Herleitung von (12) stillschweigend voraussetzten, dass θ_0 ungefähr in der Mitte zwischen T_1 und T_0 liegt. Diese Voraussetzung wird übrigens durch das Temperaturdiagramm Fig. 3 fast genau bestätigt, da dort

$$T_1 - \theta_0 \sim 42^\circ \text{ C} = \frac{T_1 - T_0}{2}$$

ist. Man kann diese Beobachtung auch als eine recht befriedigende Bestätigung der Thomson-Joule'schen Formeln ansehen, welche demnach auch bei so tiefen Temperaturen ihre Gültigkeit behaupten.

Zur Verwerthung der oben erhaltenen Formeln ist nun nicht nur die Kenntniss der stündlichen Wärmeverluste Q , sondern auch die der Verdampfungswärme r bei der Temperatur θ_0 notwendig. Die Wärmeverluste können wir ohne Weiteres dem am Schlusse des letzten Abschnittes berechneten Beispiel entnehmen, wo wir dieselben für eine stündliche um $\theta_0 = 110^\circ$ sich bewegende Temperaturerniedrigung an dem dort vorausgesetzten Apparat, zu $Q = 8500 \text{ WE}$ fanden.

Wenn wir also diesen Werth beibehalten, so gilt dies auch von dem früher behandelten Apparat, in dem nach erfolgter Temperaturerniedrigung jetzt die Verflüssigung vor sich gehen möge. Diese letztere erstreckt sich übrigens, wie die Versuche ergeben haben, vorwiegend auf den in der Luft enthaltenen Sauerstoff, eine Thatsache, die weiterhin Linde zur Abscheidung desselben (siehe unten) geführt hat. Nehmen wir jetzt an, dass überhaupt nur Sauerstoff niedergeschlagen wird, so haben wir auch nur dessen Verdampfungswärme einzuführen. Dieselbe beträgt aber nach Dewar*) beim Siedepunkte an der Atmosphäre, also bei -192° C , rd. 80 WE , während der kritische Punkt nach Wroblewski durch die Temperatur -118° und den Druck von 50 Atm. bestimmt ist. Hieraus darf man schliessen, dass die Verdampfungswärme bei $\theta_0 = 110$, also -163° C . ungefähr $r = 60 \text{ WE}$ betragen wird.

Setzen wir nun für den Zirkulationskompressor, der unter denselben Verhältnissen arbeitet, wie in der Periode der Temperaturerniedrigung, entsprechend dem früheren Beispiel eine stündliche Luftförderung von $G'' = 500 \text{ kg}$ voraus, so ergibt sich aus (43) umgekehrt für die stündlich gewonnene Flüssigkeit

$$G''' = \frac{500 \cdot 82,6 \cdot 0,2377 - 8500}{0,2377(180 - 82,6) + 60} = 15,8 \text{ kg},$$

entsprechend einer effektiven Kälteleistung nach (45) von

*) Es würde dies der Verflüssigung nahezu des ganzen in der Luft enthaltenen Sauerstoffes entsprechen.

$$Q_2' = (0,3377 \cdot 180 + 60) 15,8 + 8500 = 10127 \text{ WE},$$

wovon indessen nur $Q_2 = Q_2' - Q = 1627 \text{ WE}$ als nutzbar anzusehen sind.

Der stündliche Arbeitsverbrauch berechnet sich aus (44) zu

$$L = 29,4 \cdot 290 (500 \cdot 1,295 + 15,8 \cdot 5,329) = \text{rd. } 6\,240\,000 \text{ mkg}$$

oder $23,1 \text{ PSi}$. Hiervon entfallen auf die Kompression der Frischluft rd. $720\,000 \text{ mkg}$ oder $2,67 \text{ PSi}$. Da dieser Betrag nur einen kleinen Bruchtheil der Gesamtarbeit darstellt, so kommt eine Verringerung desselben etwa durch stufenweise Verdichtung und Zwischenkühlung nicht in Betracht; somit dürfte der wirkliche Arbeitsverbrauch sich kaum erheblich von dem hier vermittelten unterscheiden. Derselbe bedeutet aber unter den gemachten Voraussetzungen eine Verflüssigungsmenge von $15,8 : 23,1 = 0,69 \text{ kg}$ Sauerstoff für 1 PSi .

Der Arbeitsaufwand für den theoretisch vollkommenen Prozess mit derselben Verflüssigungsmenge folgt übrigens aus (47a) zu

$$L_m = 424 \cdot 15,8 \left\{ 290 \cdot 0,2377 \lg n \frac{290}{110} + \left(\frac{290}{110} - 1 \right) 60 - 0,2377 \cdot 180 \right\} \\ = 817\,400 \text{ mkg oder rd. } 3 \text{ PSi},$$

so dass der thermodynamische Wirkungsgrad des wirklichen Verflüssigungsprozesses

$$\eta = \frac{817\,400}{6\,240\,000} = 0,131$$

wird. Dieser geringe Werth hat indessen seinen Grund weniger in der Unvollkommenheit des Prozesses selbst, als vielmehr in der Grösse der Leitungs- und Strahlungsverluste. Ohne dieselben würde man nämlich durch Zirkulation von $G'' = 500 \text{ kg}$ nach (43) eine Verflüssigung von $G''' = 117 \text{ kg}$ zu erwarten haben*) mit einem totalen Arbeitsaufwande von $11\,382\,000 \text{ mkg}$ pro Stunde oder $42,1 \text{ PSi}$. Dies entspricht aber einem thermodynamischen Wirkungsgrade von

$$\eta_0 = \frac{817\,400 \cdot 117}{11\,382\,000 \cdot 15,8} = \text{rd. } 0,53.$$

Hieraus dürfen wir den Schluss ziehen, dass der Linde'sche Verflüssigungsprozess nur durch Verminderung der Leitungs- und Strahlungsverluste sich noch wesentlich verbessern lässt.

Eine solche Verbesserung dürfte z. B. schon dadurch erzielt werden, dass man die kalte Luft G'' aus dem Sammelgefässe S (siehe Fig. 2) nicht durch das äussere Rohr des Gegenstromapparates, sondern durch das innere, welches dementsprechend etwas weiter gehalten werden müsste, absaugt und im äusseren Rohr die hochgespannte Luft G' dem Regulirventil zuführt. Der Vortheil dieser Anordnung, welche ohne erhebliche konstruktive Aenderungen an der Linde'schen Vorrichtung getroffen werden könnte, liegt darin, dass die kältesten Theile der Luft nicht mehr direkt schädliche Wärme durch die Wandungen, sondern erst durch Vermittelung der immer etwas wärmeren zuströmenden Luft empfangen. Hierdurch würde aber die Temperaturdifferenz zwischen der Aussenwandung der Gegenstromspirale und der Umhüllung des Apparates, die für jedes Horizontalelement die schädliche Wärmezufuhr bedingt, vermindert und damit auch dieser Verlust selbst herabgezogen werden.

5. Die Sauerstoffgewinnung.

Die aus dem Sammelgefässe des Verflüssigungsapparates entnommene Flüssigkeit besteht nun, wie chemische Analysen gezeigt haben, vorwiegend aus Sauerstoff (bis zu $70 \frac{0}{0}$), während bekanntlich die Luft davon nur rund $20 \frac{0}{0}$ enthält.

Von dieser, schon vor Linde von Dewar bemerkten

Thatsache, deren Grund wohl in der erheblich tieferen Lage des kritischen Punktes des Stickstoffes*) (-146^0 bei 33 Atm.) gegenüber der des Sauerstoffes (-118^0 bei 50 Atm.) zu suchen ist, haben wir oben bei der Berechnung der gewonnenen Flüssigkeitsmenge insofern Gebrauch gemacht, als wir deren Verdampfungswärme mit der des Sauerstoffes übereinstimmend annahmen. Für Linde war diese Erscheinung die Veranlassung, seinen Apparat so weit auszubilden, dass aus demselben möglichst reiner, d. h. stickstofffreier Sauerstoff unter atmosphärischem Druck und mit normaler Temperatur gewonnen wird, da die den hohen Arbeitsverbrauch bedingende Kälte des bei sehr tiefer Temperatur verflüssigten Sauerstoffes nur für sehr wenige Zwecke (im physikalischen und chemischen Laboratorium) wirklich nutzbar gemacht werden kann.

Da nun die Trennung der beiden Körper auf mechanischem Wege sich nur durch Verflüssigung erreichen lässt, diese aber nur bei sehr tiefer Temperatur durchführbar ist, so handelte es sich bei der Ausbildung des Apparates zu dem erwähnten Zwecke ausschliesslich um die Nutzbarmachung der erzielten Kälte in der Vorrichtung selbst.

Hierzu trennt Linde, wie es in Fig. 4 schematisch angedeutet ist, den Gegenstromapparat in zwei Theile, von denen der eine BD den Wärmeaustausch zwischen der aus dem Sammelgefäss S aufsteigenden stickstoffreichen Gasmenge G'' und einem Theile G_2' der bei C in das innere Rohr eingepumpten Frischluft G' , der andere AE dagegen den Austausch des nach seiner Verflüssigung wieder verdampften sauerstoffreichen Gemisches G''' mit dem Reste G_1' der bei C eingeführten Frischluft G' vermittelt. Die Verdampfungswärme der gebildeten Flüssigkeit wird nun zur theilweisen Verflüssigung der Frischluft G' vor dem Regulirventil benutzt, zu welchem Zwecke Linde das innere Frischluftrohr des Gegenstromapparates AE direkt mit einer Spirale im Sammelgefässe S verbindet, welche ihrerseits sich mit dem anderen Frischluftrohr vor dem Regulirventil vereinigt. Zur leichteren Uebersicht ist in Fig. 4 diese Rohrschleife in ein hinzugedachtes Verdampfungsgefäss V für die in S niedergeschlagene Flüssigkeit verlegt und die Vereinigung der Frischluftmengen schon vorher bei H gedacht worden, so dass die Flüssigkeit aus S nach V emporsteigt, während das nicht verflüssigte stickstoffreiche Gas bei D direkt in die Spirale BD übertritt. Aus dieser entweicht es dann mit dem äusseren Drucke p_2 und der Temperatur T_2 bei N , während das sauerstoffreiche Gemisch aus AE bei O unter denselben Verhältnissen austritt.

Man erkennt, dass der Druck im Sammelgefäss S , sowie im Verdampfungsraume V nur um so viel den äusseren übersteigen muss, als zur Ueberwindung der Bewegungswiderstände nothwendig ist. Sehen wir von diesen, wie auch von der Strömungsenergie der verschiedenen Gas-mengen ab, so dürfen wir auch die hinter dem Regulirventil herrschende Pressung mit der atmosphärischen p_2 gleich setzen. Der Druck in den Frischluftleitungen CH ER

sei wie früher p_1 , er werde durch einen die Frischluft fördernden Kompressor auf konstanter Höhe erhalten. Die Temperatur dieser Luft, welche bei C mit T_2^0 eintritt, werde in beiden Gegenstromapparaten auf T_1 erniedrigt und sinke in Folge des Durchströmens durch das Regulirventil auf T_0^0 , während im Sammelgefäss S die Temperatur θ_0 herrschen möge, mit der sowohl das Gas G'' ,

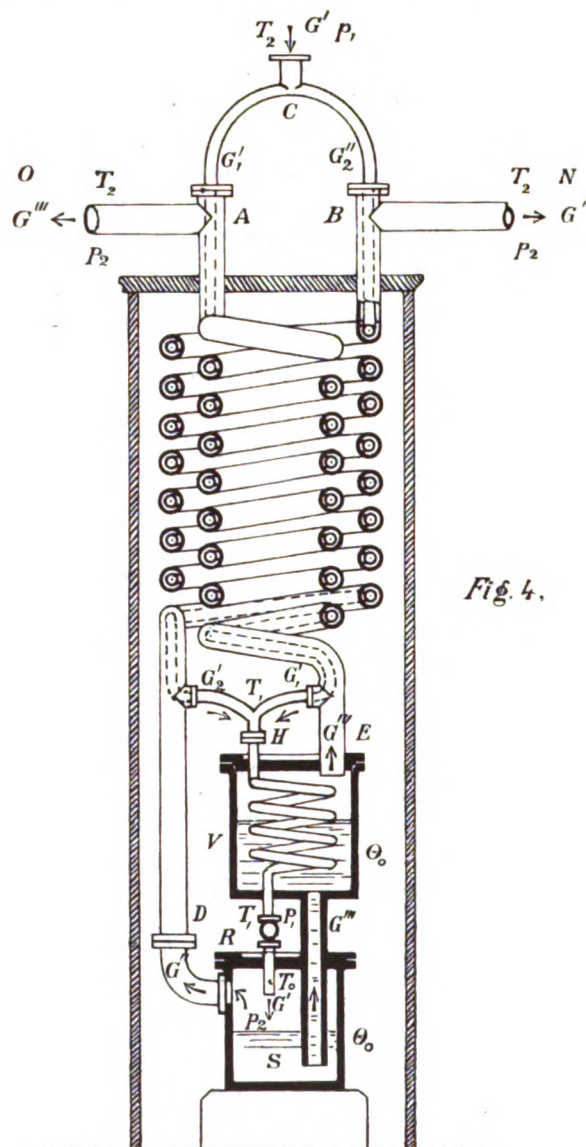


Fig. 4.

wie auch die Flüssigkeit G''' austritt. Bei derselben Temperatur θ_0 finde auch im Gefässe V die Wiederverdampfung statt, während sich im Innern desselben ein Theil x von G' bei der Temperatur p_1 verflüssigt.

Als dann haben wir, wenn c_p'' die spezifische Wärme des stickstoffreichen Gases G'' bei konstantem Druck, c_p''' die des sauerstoffreichen G''' und c_p wie früher die der eingepumpten Luft G' bedeutet, für den Wärmeaustausch im Gegenstromapparate BD mit Rücksicht auf den Verlust Q' die Gleichung

*) Landolt und Börnstein, Physikal.-chem. Tabellen. Berlin 1894.

$$G''c_p''(T_2 - \theta_0) = G_2'c_p(T_2 - T_1) + Q' \quad (48)$$

und für den Gegenstromapparat *AE* mit dem Verlust Q''

$$G'''c_p'''(T_2 - \theta_0) = G_1'c_p(T_2 - T_1) + Q'' \quad (49)$$

Durch Addition dieser beiden Gleichungen ergibt sich mit

$$G_1' + G_2' = G' \quad (50)$$

$$(G''c_p + G'''c_p''')(T_2 - \theta_0) = G'c_p(T_2 - T_1) + Q' + Q'' \quad (51)$$

Im Verdampfungsgefäß *V* möge nun die ganze Flüssigkeitsmasse G''' bei konstanter Temperatur θ_0 verdampfen, wobei die Wärme $G'''r_0$ gebunden wird. Diese aber wird ausser von der schädlichen Wärme Q''' noch durch Niederschlag eines Theiles xG' der das Innere der in *V* befindlichen Spirale durchfliessenden Luft bestritten, so dass, wenn r_1 die der Temperatur T_1 entsprechende Verdampfungswärme ist, für diesen Vorgang die Gleichung

$$G'''r_0 = xG'r_1 + Q''' \quad (52)$$

besteht. Das Gemisch von xG' *kg* Flüssigkeit und $(1-x)G'$ *kg* gasförmiger Frischluft tritt nun durch das Regulirventil in das Sammelgefäß unter Erniedrigung seiner Temperatur auf T_0 , während gleichzeitig G'' *kg* stickstoffreiches Gas und G''' *kg* sauerstoffreiche Flüssigkeit aus demselben mit der Temperatur θ_0 entweichen.

Diesem Vorgang entspricht die durch Gleichsetzen der entzogenen und eintretenden Wärmemengen mit Rücksicht auf den Verlust Q'''' entstandene Gleichung

$$G''c_p''\theta_0 + G'''(c_p'''\theta_0 - r_0) = G'c_p(1-x)T_0 + G'x(c_pT_0 - r_1) + Q''''$$

oder

$$(G''c_p'' + G'''c_p''')\theta_0 - G'''r_0 = G'c_pT_0 - xG'r_1 + Q'''' \quad (53)$$

Addirt man nun (51), (52) und (53), so ergibt sich unter gleichzeitiger Zusammenfassung der Leitungs- und Strahlungsverluste

$$Q' + Q'' + Q''' + Q'''' = Q$$

$$(G''c_p'' + G'''c_p''')T_2 = G'c_pT_2 - G'c_p(T_1 - T_0) + Q \quad (54)$$

Diese Gleichung vereinfacht sich noch durch die Ueberlegung, dass die spezifische Wärme c_p eines Gasgemisches sich aus den spezifischen Wärmen c_p'' und c_p''' seiner Bestandtheile durch die Formel

$$G'c_p = G''c_p'' + G'''c_p''' \quad (55)$$

berechnet, in

$$G'c_p(T_1 - T_0) = Q \quad (56)$$

Hierin also ist $T_1 - T_0$ die durch Gl. (12) bestimmte Temperaturniedrigung beim Durchströmen durch das Drosselventil, so dass wir auch schreiben können

$$G'c_p \frac{\alpha(\rho_1 - \rho_2)}{\rho_0^2} = Q \quad (57)$$

Diese Gleichung besagt, dass die ganze Leistung des Apparates ausschliesslich zur Aufnahme der Leitungs- und Strahlungsverluste verwendet wird. Diese Verluste aber werden um so grösser sein, bei je

niederer Temperatur sich die Verflüssigung in *S* bzw. die Wiederverdampfung in *V* vollzieht.

Die Betriebsarbeit berechnet sich bei adiabatischer Kompression (die hier übrigens durch stufenweise Verdichtung und Zwischenkühlung etwas verbessert werden kann) wie früher zu

$$L' = G'R T_2 \frac{k}{k-1} \left(\left(\frac{\rho_1}{\rho_2} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right) \quad (58)$$

während der dem geschilderten Vorgange entsprechende, theoretisch vollkommene Prozess der Aufnahme der Verluste Q bei der niederen Temperatur θ_0 und Ueberführung auf das höhere Temperaturniveau T_2 mit einem Carnot'schen Kreisprozess identisch sein muss und darum die theoretische Minimalarbeit

$$L_m = \frac{Q}{A} \left(\frac{T_2}{\theta_0} - 1 \right) \quad (59)$$

erfordert.

Beispiel: Es sollen in einem nach Fig. 4 konstruirten Apparate stündlich $G''' = 100$ *kg* Sauerstoff aus Luft abgeschieden werden. Bei vollständiger Trennung sind hierzu mindestens $G' = 500$ *kg* Luft nothwendig. Da nun der Siedepunkt des Sauerstoffes bei atmosphärischem Drucke -183° C. also $\theta_0 = 90$ ist, so ergibt sich, wenn die stündlichen Wärmeverluste $Q = 10\,000$ WE betragen, aus (57)

$$p - p_0 = \frac{Q}{G'} \cdot \frac{\theta_0^2}{c_p \cdot a} = \frac{10\,000}{500} \cdot \frac{90^2}{0,2377 \cdot 2} = \text{rd. } 340\,000 \text{ kg/qcm,}$$

d. h. man hat die eingepumpte Luft G' vorher auf 35 *kg/qcm* zu verdichten. Saugt der Kompressor sie mit einer Temperatur von $T_2 = 290^\circ$ (d. i. 17° C.) an, so muss er bei adiabatischer Kompression nach (58) stündlich eine Arbeit von

$$L'_1 = 500 \cdot 29,4 \cdot 290 \cdot \frac{1,41}{0,41} \left(\left(\frac{35}{1} \right)^{\frac{0,41}{1,41}} - 1 \right) = 26\,558\,500 \text{ mkg,}$$

oder 98,3 PSi leisten.

Würde dagegen der Kompressor isothermisch arbeiten, so wären zur Verdichtung von 500 *kg* Luft nur

$$L'_2 = 500 \cdot 29,4 \cdot 290 \lg \frac{35}{1} = 15\,156\,000 \text{ mkg}$$

oder 56,1 PSi nöthig. Durch Verbundkompression und Zwischenkühlung wird man dahin gelangen, dass die indizierte Kompressorarbeit das Mittel aus diesen beiden Beträgen ist, d. h. man wird mit

$$L' = \frac{1}{2} (L'_1 + L'_2) = 77,2 \text{ PSi}$$

rd. 100 *kg* sauerstoffreiches Gemisch abscheiden.

Der theoretisch vollkommene Vorgang erfordert dagegen nach (59)

$$L_m = 100\,000 \cdot 424 \left(\frac{290}{90} - 1 \right) = 9\,422\,000 \text{ mkg}$$

oder 34,9 PSi, so dass der thermodynamische Wirkungsgrad unter den hier zu Grunde liegenden Verhältnissen sich zu

$$\eta = \frac{L'}{L_m} = \frac{77,2}{94,2} = 0,452$$

ergiebt.

Rechnet man nun auf 1 PSi stündlich 1 *kg* Kohle von rd. 7500 WE Heizwerth, so entspricht den obigen Werthen eine Sauerstoffgewinnung von 1,3 *kg* für 1 *kg* Kohlenverbrauch.

München, im Oktober 1895.

Die Entwicklung des Begriffs der Differentialgleichung und seine Bedeutung für die angewandte Mathematik.

Antrittsvorlesung,

gehalten am 6. Dezember 1895 in der Aula der Kgl. Technischen Hochschule zu Dresden

von

Dr. Emil Naetsch.

Hochansehnliche Versammlung!

Wenn es als die eigentliche Aufgabe aller Technik bezeichnet werden kann, die Kräfte der Natur in den Dienst des Menschen zu stellen, so ist damit schon die hohe Bedeutung gegeben, welche für das Aufblühen technischer Wissenschaften und Künste alle Fortschritte der Naturforschung und Naturerkenntnis haben mussten. In der That zeigt sich, dass der ungeahnte Aufschwung technischer Theorie und Praxis, dessen sich unser Jahrhundert rühmen kann, vorbereitet wurde durch eine lange Reihe von glänzenden Erfolgen exakter Naturforschung, von Erfolgen, welche dem wissenschaftlichen Leben der ganzen Epoche ein charakteristisches Gepräge verliehen, dieselbe zum naturwissenschaftlichen Zeitalter par excellence gemacht haben. Ehe die moderne Technik durch ihre Wunderwerke die Kulturwelt umgestalten konnte, mussten die im Schoosse der Natur schlummernden Kräfte erkannt, mussten die Gesetze, nach denen dieselben wirken, erforscht sein.

Welches aber sind die Mittel, durch welche die heutige Wissenschaft der Natur ihre oft sorgsam gehüteten Geheimnisse entringt? Wie sehen die Methoden aus, durch deren konsequente Anwendung die exakte Naturforschung der Neuzeit den Bann gebrochen hat, welcher Jahrhunderte lang jeden Fortschritt des Naturerkenntnis gehemmt hatte?

Die Wege, auf denen sich unsere gegenwärtigen Vorstellungen vom Verlaufe der natürlichen Vorgänge entwickelt haben, sind von dreifacher Art: Den unwandelbaren Ausgangspunkt aller Naturerkenntnis bildet die Erfahrung, nicht die naive, rohe Empirie vergangener Zeitalter, sondern die kritisch geläuterte Erfahrung, welche zu Stande kommt, indem der Forscher durch unbefangene und sorgfältige Beobachtung die Natur in ihren spontanen

Äusserungen belauscht, und indem er sie durch zweckmässig und systematisch angestellte Versuche zum Reden zwingt. Aus der gewonnenen Erfahrung aber werden die Gesetze, nach denen sich die einzelnen Naturvorgänge vollziehen, abstrahirt und auf ihren einfachsten mathematischen Ausdruck gebracht; erst der letztere Zug, erst die mathematische Darstellung der auf dem Erfahrungswege gewonnenen Ergebnisse, verleiht unserer Kenntniss der Naturerscheinungen den Charakter einer exakten Wissenschaft. Sind aber die einzelnen Naturgesetze gefunden, ist also klar erkannt, wie in den einzelnen Erscheinungsgebieten die Vorgänge erfolgen, so erhebt sich die weitere Frage, warum dieselben sich wohl gerade so und nicht anders vollziehen. Auf diese Frage Antwort zu ertheilen, welche das Kausalbedürfniss der menschlichen Natur unaufhörlich an den Forscher stellt, ist der dritte Zweig naturwissenschaftlicher Geistesthätigkeit berufen, welcher in der steten Durchdringung des gewonnenen Wissens-Materials mit leitenden Ideen, in seiner Beherrschung durch das gewaltige Hilfsmittel der Hypothese besteht; nicht ein fesselloses Schalten ungezügelter Phantasie ist diese Thätigkeit, sondern in fortwährender Fühlung mit den Ergebnissen vorangegangener Forschung findet sie statt, und die Wirklichkeit bleibt für die Konsequenzen, zu denen sie führt, beständig der Prüfstein. — So sind kritisch gesichtete Erfahrung, mathematische Abstraktion und philosophische Spekulation die drei Grundpfeiler, auf denen das Gebäude unserer heutigen Naturerkenntnis ruht.

Schon in den rohesten Anfängen wissenschaftlicher Naturbetrachtung wurde, wenn auch unbewusst, die Erfahrung als letzte Quelle der Erkenntnis anerkannt, und nur scholastische Naturverachtung hat ihr diesen Rang eine

Zeit lang streitig machen können. Andererseits hat der menschliche Geist schon im Stadium naivster Reflexion über die natürlichen Vorgänge subjektive Ideen, wenn auch oft in phantastischer Weise, in die Natur hineingetragen; und selbst konsequenter Materialismus hat sie nicht völlig hieraus verbannen können. Dagegen findet sich die mathematische Formulierung der Naturgesetze erst auf einer höheren Stufe der Entwicklung unseres Wissens; ja, man darf wohl sagen, dass sie in ihrer allseitigen und folgerichtigen Durchführung so recht eigentlich das Kriterium der neueren Naturwissenschaft ist. Wenn auch das Streben nach exakter Fassung der Forschungsergebnisse schon frühzeitig bei einzelnen grossen Denkern, wie Archimedes, von Erfolg gekrönt wurde, wenn auch ein einzelner Zweig des Naturwissens, wie die Astronomie, schon von Anfang an mathematischer Behandlung unterworfen worden ist, so hat doch erst der gewaltige Aufschwung, den die mathematische Wissenschaft im 17. Jahrhundert nahm, ihr das Feld naturwissenschaftlicher Anwendung in der heutigen Ausdehnung eröffnet; erst seit dieser Zeit ist jene vollständige Durchdringung der empirisch gewonnenen Ergebnisse mit mathematischen Begriffen möglich geworden, welche den heutigen Zustand exakter Naturwissenschaft kennzeichnet. Der Grund für diese Erscheinung aber ist in der Thatsache zu suchen, dass die Mathematik erst in jener für ihre Entwicklung so bedeutungsvollen Epoche zu dem Begriffe gelangte, welcher sich als das mächtigste Werkzeug ihrer Herrschaft auf naturwissenschaftlichem Gebiete erwiesen hat, zu dem Begriff der Differentialgleichung im weitesten Sinne dieses Wortes. Wie dieser Begriff entstanden ist, welche Bedeutung er für die angewandte Mathematik besitzt, und wie er sich im Gebiete der reinen Mathematik weiter entwickelt hat, das möchte ich in kurzen Worten darzulegen versuchen.

Die mathematische Wissenschaft erweckt bei oberflächlicher Bekanntschaft nicht den Eindruck, dass auf ihre Entwicklung die mächtigen allgemeinen Kulturfaktoren den Einfluss ausgeübt haben, den wir bei mancher Schwesterwissenschaft so deutlich verfolgen können; wie die von allem materiellen Inhalt entkleideten reinen Anschauungsformen des Raumes und der Zeit ihre Objekte bilden, so scheint auch der heutige Besitzstand ihrer Wissensschätze unabhängig von den grossen Strömungen entstanden zu sein, welche das Leben der Menschheit bewegen. Und doch ist auch der mathematische Denker ein Mensch, und doch ist auch er ein Kind seines Volkes und ein Sohn seiner Zeit; auch in der Richtung seiner Geistesthätigkeit, wie in dem Ausdruck seiner Gedanken zeigt sich der Reflex der Eigenthümlichkeiten seiner Nation und seines Zeitalters.

Es wäre eine schwierige, doch dankbare Aufgabe, im Einzelnen zu zeigen, warum die Mathematik des Alterthums, die in den „Elementen“ Euklid's ihren klassischen Ausdruck gefunden hat, auf ein verhältnissmässig enges Gebiet beschränkt geblieben ist, und im Einzelnen zu zeigen, wie die gewaltigen Fortschritte, welche die Mathematik im 17. Jahrhundert machte, durch die Richtung bedingt wurde, welche das ganze wissenschaftliche Denken im Zeitalter der Reformation annahm. In den „Elementen“ Euklid's bewundern wir noch heute das unübertroffene, ja unerreichte Muster eines mathematischen Werkes; diese Klarheit der Begriffe, diese Strenge der Schlüsse, diese Eleganz der Form werden für alle Zeiten jeder mathematischen Darstellung zum Vorbilde dienen können. Und doch fehlte dem Denken der griechischen Mathematiker ein Zug, ohne den ein weiterer Fortschritt schlechterdings unmöglich war, ein Zug, der das charakteristische Merkmal des mathematischen Denkens der heutigen Kulturvölker bildet. Schiller hat den Geist, welchen die griechische Dichtung, im Gegensatz zu modernen, athmet, mit dem Worte *naiv* bezeichnet; *naiv* darf wohl auch die Art genannt werden, in welcher die griechischen Geometer ihren Gegenstand behandelten. Sie richteten ihren Blick stets auf das Besondere und stiegen fast nie zum Allgemeinen auf; ihre Untersuchung war immer auf den speziellen Fall zugeschnitten; die verschiedenen möglichen Fälle wurden sämmtlich mit gleicher Ausführlichkeit behandelt; dagegen ward versäumt, allgemeine Gesichtspunkte aufzusuchen, denen sich das Besondere unterordnen liess. Daher fehlte der griechischen Geometrie durchgehends das geistige Band, welches die Vielheit der Erscheinungen umschlingt; für sie war die enge Begrenzung der Begriffe charakteristisch, während gerade die zweckmässige Erweiterung derselben das Merkmal moderner Mathematik ist. So wissen wir, wie der ursprüngliche Begriff der natürlichen Zahl auf Grund der Forderung, dass die sogenannten inversen Rechenoperationen unter allen Umständen ausführbar sein sollen, stufenweise erweitert worden ist zu dem allgemeinen Begriffe der reellen Zahl und schliesslich zu dem noch allgemeineren der komplexen Zahlgrösse; und so hat sich auch der ursprüngliche Funktionsbegriff unter dem Einfluss der Forderungen, welche die im Laufe der letzten zwei Jahrhunderte von den mathematischen Wissenschaften gemachten Fortschritte an ihn stellten, wiederholte Erweiterungen gefallen lassen müssen.

Durch einen ähnlichen logischen Prozess ist auch derjenige Begriff entstanden, welcher für die neuere Entwicklung der Mathematik den Ausgangspunkt gebildet hat, wie er auch typisch ist für die schrankenlose Beweglichkeit, welche das heutige mathematische Denken gegenüber der

starrten Ruhe der antiken Vorstellungswelt kennzeichnet: der Begriff der stetig veränderlichen Grösse. Zwei Vorbedingungen, die eine realer, die andere formaler Art, mussten erfüllt sein, ehe dieser Begriff entstehen und anschaulich erfasst werden konnte; erstens musste der Begriff der Zahl dergestalt erweitert sein, dass die Gesamtheit aller Zahlgrössen ein Kontinuum, eine stetige Mannigfaltigkeit bildete; und zweitens musste in der symbolischen Bezeichnung der Zahlen durch Buchstaben ein bequemes Werkzeug zur Handhabung des so erweiterten Zahlbegriffes gefunden sein. — Die Natur lieferte, sobald man ihre Vorgänge messend verfolgte, der mathematischen Betrachtung eine unendliche Fülle von veränderlichen, und zwar von stetig veränderlichen Grössen; sie zeigte aber auch zahlreiche Fälle auf, wo die Veränderungen einer solchen Grösse bedingt erscheinen durch die Veränderungen gewisser anderer Grössen. So führte die Natur dem denkenden Beobachter zugleich den Begriff der Funktion vor Augen, in welchem die heutige Mathematik ihren Grund- und Eckstein erblickt. (Die Geschwindigkeit eines frei fallenden Steines ist eine Funktion der seit dem Beginne der Fallbewegung verflossenen Zeit, der Druck einer abgeschlossenen Gasmasse eine Funktion ihres Volumens, das Azimuth eines bestimmten Sternes eine Funktion seiner Höhe über dem Horizonte.)

Die analytische Geometrie, deren Erfindung dem unsterblichen Descartes für alle Zeiten einen Ehrenplatz in der Geschichte der Mathematik sicherte, zeigte die eminente geometrische Fruchtbarkeit der neuen Begriffe. Indem sie lehrte, den abstrakten Begriff der Funktion einer stetig veränderlichen Grösse in dem anschaulichen Bilde einer ebenen Kurve zu erfassen, wurde sie zu einem gewaltigen Hilfsmittel für das Studium geometrischer Gebilde und zugleich zu einer unerschöpflichen Quelle neuer geometrischer Gestalten. Der Bann war gebrochen, der seit den Tagen Euklid's auf der Geometrie lag; bald hatte dieselbe, getragen von der neuen Methode, die Schranken weit hinter sich gelassen, welche im Alterthum ihrer Entwicklung Halt geboten hatten.

Durch die analytische Geometrie wurden die Mathematiker aber auch vor gewisse Probleme gestellt, welche zwar schon längst in besonderen Fassungen vorgekommen, und auch in speziellen Fällen gelöst worden waren, welche aber jetzt in prinzipieller Allgemeinheit auftraten; das waren jene Aufgaben, welche wir heute als das Tangentenproblem, als die Quadratur und die Rektifikation, als die Kubatur und die Komplanation bezeichnen. Aus dem Bestreben, diese Probleme in befriedigender Weise durch möglichst allgemeine Methoden zu lösen, ging die epoche-

machende Erfindung hervor, durch welche Leibniz und Newton mit genialem Scharfblick eine neue Aera der mathematischen Wissenschaft begründeten; die Erfindung der Differential- und Integralrechnung. Wenn auch durch die Methoden, nach denen Descartes, Cavalieri, Wallis u. a. Mathematiker jene Probleme behandelten, die grosse Erfindung vorbereitet wurde, so nennt doch die Geschichte mit Recht Leibniz und Newton als die Urheber derselben. Denn erst diese beiden Männer haben die ungeheure Tragweite der neuen Begriffe erkannt und durch zahlreiche und glänzende eigene Untersuchungen dargelegt; erst sie haben insbesondere bemerkt, dass Differentiation und Integration inverse Operationen sind. Dabei ist charakteristisch der Umstand, dass bei Newton, der weit mehr Naturforscher als Mathematiker war, die Grundbegriffe der neuen Methoden von vornherein verknüpft erscheinen mit gewissen kinematischen Vorstellungen, mit Vorstellungen, welche durch das Studium der kurz vorher von Galilei mit so grossem Erfolg untersuchten Fallbewegung nahegelegt wurden. Dagegen hat Leibniz, eine durchaus spekulative Natur, den neuen Theorien im Wesentlichen schon ihre heutige Form gegeben; seine Arbeiten sind ein sprechender Beweis für den ungeheuren Werth, den die Wahl einer passenden Zeichensprache und die Einführung einer zweckmässigen Terminologie für die Wissenschaft hat.

Die hohe Bedeutung der Differential- und Integralrechnung für die auf Erscheinungen der Aussenwelt angewandte Mathematik musste sofort zu Tage treten. Jener Begriff der stetig veränderlichen Grösse, in dessen Handhabung das Wesen der neuen Methoden bestand, hatte ja seine letzte Wurzel in der Anschauung; indem man ihn mathematisch verwerthen lernte, musste nothwendiger Weise eine Vertiefung naturwissenschaftlicher Erkenntniss eintreten, welche vordem unmöglich gewesen wäre. — Nur selten lässt sich der Zusammenhang, welcher zwischen den veränderlichen Grössen stattfindet, die für einen gewissen Vorgang in Betracht kommen, unmittelbar durch endliche Gleichungen ausdrücken, d. h. durch Relationen, welche uns die abhängigen Veränderlichen sogleich als Funktionen der unabhängigen liefern; vielmehr enthalten die Gleichungen, welche man auf Grund der Erfahrung — eventuell mit Zuhilfenahme hypothetischer Vorstellungen — zunächst formuliren kann, meistens auch Differentialquotienten der abhängigen Veränderlichen in Bezug auf die unabhängigen; sie sind sogenannte Differentialgleichungen. Dann aber entsteht die Aufgabe, diese Differentialgleichungen zu integrieren, d. h. die den betreffenden Vorgang darstellenden endlichen Gleichungen auf mathematischem Wege zu finden;

von den Elementargesetzen, welche sich nur auf unendlich kleine Zeiträume beziehen, gilt es zu schliessen auf die Integralgesetze, welche maassgebend sind für Vorgänge von endlicher Zeitdauer. So ist die Formulirung von Differentialgleichungen typisch geworden für die angewandte Mathematik, wie die Integration derselben heute als eine Hauptaufgabe der reinen Mathematik bezeichnet werden kann.

Schon die ersten Probleme, welche auf Differentialgleichungen führten, bezogen sich auf Naturvorgänge. Wie Leibniz überhaupt — im Gegensatze zu Newton — seine Kraft in erster Linie den Problemen der Integralrechnung zuwandte, so war er es auch, welcher die Aufmerksamkeit der Mathematiker zuerst auf derartige Fragen lenkte; die Probleme der Brachistochrone, der Tautochrone, vor Allem aber das berühmte Problem der Kettenlinie gehören hierher. Dagegen war es dem naturwissenschaftlichen Genius Newton's vorbehalten, die Tragweite des in Frage kommenden Prinzips durch ein klassisches Beispiel von universeller Bedeutung zu illustriren; das von ihm aufgestellte Gesetz der allgemeinen Massenanziehung ermöglichte es, die Bewegung der Planeten um die Sonne durch Differentialgleichungen darzustellen; die kurz zuvor von Kepler entdeckten Gesetze der Planetenbewegung aber lieferten gewisse Integralgleichungen derselben. — Die bahnbrechenden mechanischen Ideen der Galilei-Newton'schen Periode aber in umfassendster Weise mathematisch zu formuliren, gelang einem Mathematiker des folgenden Jahrhunderts, welcher der allgemeinen Kulturgeschichte wohl bekannt ist durch seine Betheiligung an einem Werke, in dem der Geist jener denkwürdigen Zeit seinen prägnantesten Ausdruck gefunden hat; es war D'Alembert, der berühmte Mitarbeiter der Enzyklopädie, welcher durch das nach ihm benannte allgemeine Prinzip die komplizirtesten dynamischen Vorgänge durch Differentialgleichungen darzustellen lehrte.

Die Probleme der abstrakten, sogenannten analytischen Mechanik lassen sich durchgehends auf gewöhnliche Differentialgleichungen zurückführen, d. h. auf Gleichungen, welche nur die Differentialquotienten unbekannter Funktionen in Bezug auf eine einzige unabhängige Veränderliche enthalten; diese unabhängige Variable ist die Zeit, als deren Funktionen die für den augenblicklichen Zustand der Bewegung charakteristischen veränderlichen Grössen darzustellen sind. Indem man den willkürlichen Konstanten, welche stets in die allgemeinsten Lösungen derartiger Differentialgleichungen eingehen, bestimmte numerische Werthe ertheilt, kann man dem der betreffenden Bewegung eventuell vorgeschriebenen Anfangszustande Rechnung tragen; in besonders einfacher Weise ist dies möglich, sobald man sich sogenannter Hauptlösungen bedient.

Civilingenieur XLI.

Es konnte indessen der Aufmerksamkeit der Mathematiker nicht lange entgehen, dass die Systeme gewöhnlicher Differentialgleichungen, insbesondere diejenigen der Dynamik, in engster Beziehung stehen zu gewissen partiellen Differentialgleichungen I. Ordnung, das sind Gleichungen, welche die ersten partiellen Differentialquotienten einer unbekannten Funktion in Bezug auf mehrere unabhängige Veränderliche enthalten; ja, es zeigte sich, dass jedes derartige System hinsichtlich seiner Integration völlig äquivalent ist mit einer partiellen Differentialgleichung I. Ordnung, welche die Ableitungen der unbekannten Funktion nur linear enthält. Es war D'Alembert's grosser Zeitgenosse Lagrange, welcher die Theorie dieser letzteren Art von Gleichungen begründete und auch eine äusserst vollkommene Methode zur Integration von nichtlinearen partiellen Differentialgleichungen I. Ordnung mit zwei unabhängigen Veränderlichen angab (1772), eine Methode, welche das Vorbild aller späteren Untersuchungen auf dem Gebiete der partiellen Differentialgleichungen I. Ordnung geworden ist. Lagrange hat ferner, indem er die Differentialgleichungen der Bewegung in bemerkenswerther Weise umformte, eine interessante Entdeckung vorbereitet, welche wir dem englischen Mathematiker Hamilton verdanken; dieser zeigte 1835, dass die Differentialgleichungen jedes Problems der Dynamik, bei welchem eine sogenannte Kräftefunktion auftritt, sich auf eine besondere Form bringen lassen, welche man seitdem die kanonische Form genannt hat; und er zeigte weiter, dass die vollständigen Integralgleichungen eines solchen Systems stets unmittelbar angegeben werden können, sobald die vollständige Integration einer gewissen nichtlinearen partiellen Differentialgleichung I. Ordnung gelungen ist. Auf diese Entdeckung Hamilton's begründete Jacobi 1837 seine erste Methode zur Integration beliebiger partieller Differentialgleichungen I. Ordnung, indem er darlegte, dass man auch umgekehrt jede derartige Gleichung vollständig integriren kann, sobald man die vollständigen Integralgleichungen eines gewissen kanonischen Systems gewöhnlicher Differentialgleichungen kennt, — eine Thatsache, welche, allerdings auf wesentlich anderem Wege, schon vorher (1819) Cauchy erkannt hatte. So wurde die analytische Mechanik der eine Ausgangspunkt für die Theorie der partiellen Differentialgleichungen I. Ordnung; die zweite Quelle derselben liegt auf dem Gebiete der Variationsrechnung, deren Anfänge bis in die Leibniz'sche Zeit zurückreichen und in der Frage der Brachistochrone, sowie in dem berühmten isoperimetrischen Problem zu suchen sind. — Die durch Hamilton's Entdeckung ermöglichte Zurückführung von dynamischen Differentialgleichungen auf eine partielle Differentialgleichung I. Ordnung konnte nicht als eine praktische

Vereinfachung, sondern nur als eine theoretische Umformung des Problems, als eine bloss formale Verschiebung der Schwierigkeit angesehen werden, solange man eine partielle Differentialgleichung I. Ordnung, wie bei jener älteren Jacobi'schen Methode der Fall war, eben nur durch die Zurückführung auf das ihr äquivalente kanonische System gewöhnlicher Differentialgleichungen zu integrieren wusste; für die Integration eines solchen Systems konnte man aus der kanonischen Form desselben keinen Nutzen ziehen. Es war Jacobi, dem es gelang, die Schranken zu durchbrechen; durch seine berühmte neue Methode zur Integration der partiellen Differentialgleichungen I. Ordnung*) stellte der grosse Mathematiker alle früheren Untersuchungen über diesen Gegenstand weit in Schatten. Jacobi that hierbei auch den ersten Schritt zu jener freieren Auffassung des Integrationsproblems, durch welche später Lie der ganzen Theorie der Differentialgleichungen eine erweiterte Grundlage gegeben hat.

Dennoch hat Jacobi selbst hervorgehoben, dass durch seine Untersuchungen die Behandlung des Problems noch nicht abgeschlossen sein könne, dass sich Anzahl und Schwierigkeit der zur Lösung desselben erforderlichen Operationen noch weiter vermindern lassen müssten. Diese Arbeit, wesentlich gefördert durch Clebsch, welcher bei dieser Gelegenheit die wichtige Theorie der sogenannten vollständigen Systeme begründete (1866), wurde 1872 durch Mayer vollendet. Vervollkommenet wurden die Methoden von Jacobi, Clebsch im Jahre 1875 und Mayer durch eine interessante Betrachtung, welche Lie auf Grund des von ihm eingeführten Begriffs der Funktionsgruppe anstellte; jene Untersuchungen wurden hierdurch recht eigentlich zu Bauwerken, bei denen auch der unscheinbarste Stein dem Zwecke des Ganzen dienstbar ist. Lie hat auch (1872) eine neue allgemeine Methode zur Integration aller partiellen Differentialgleichungen I. Ordnung angegeben, welche als Verallgemeinerung der Cauchy'schen angesehen werden kann, und in Bezug auf Einfachheit der auszuführenden Operationen dasselbe leistet, wie die von Mayer vervollkommnete Jacobi'sche Methode; unabhängig von allen älteren Untersuchungen, war der genannte Mathematiker zu seiner Entdeckung durch eigenartige Betrachtungen in mehrfach ausgedehnten Mannigfaltigkeiten gelangt. — Mit den Arbeiten von Lie und Mayer erreichte die allgemeine Theorie der partiellen Differentialgleichungen I. Ordnung ihren Abschluss, genau hundert Jahre, nachdem Lagrange den Grund zu derselben gelegt hatte; wir erblicken heute

in ihr das Muster einer relativ abgeschlossenen mathematischen Disziplin, deren Studium die höchste wissenschaftliche, ja, man möchte fast sagen, ästhetische Befriedigung gewährt, wie ihre Geschichte ein ungemein lehrreiches Bild intensiver mathematischer Geistesarbeit entrollt, die durch ihre gelegentlichen Irrthümer so interessant ist, wie durch ihre überaus glänzenden Erfolge.

Ein ganz anderes Bild gewährt uns der heutige Zustand der Lehre von den partiellen Differentialgleichungen höherer Ordnung. Obwohl die erste derartige Gleichung bereits um die Mitte des vorigen Jahrhunderts behandelt wurde, also noch bevor die systematische Untersuchung der Gleichungen I. Ordnung begonnen hatte, so kann doch jetzt von irgend welchem Abschluss der Theorie noch nicht die Rede sein.

Die Geschichte der partiellen Differentialgleichungen höherer Ordnung ist wiederum reich an Belegen für die Wechselwirkung zwischen reiner und angewandter Mathematik. Der Grund hiervon liegt nahe genug. Bei Naturvorgängen sind fast immer mehrere Grössen vorhanden, welche sich unabhängig von einander verändern können*); man muss also zu partiellen Differentialgleichungen gelangen, sobald in die Relationen, welche man zur mathematischen Darstellung solcher Vorgänge formulirt, Differentialquotienten in Bezug auf mehr als eine dieser veränderlichen Grössen eingehen. Für die Frage, wie den eventuell vorhandenen Anfangsbedingungen des Vorgangs bei der Integration einer solchen Differentialgleichung Rechnung zu tragen ist, wird der Umstand von Bedeutung, dass die allgemeinsten Lösungen partieller Differentialgleichungen nicht, wie diejenigen gewöhnlicher Differentialgleichungen, bloss willkürliche Konstanten, sondern auch willkürliche Funktionen enthalten. — Den ersten Anstoss zur Behandlung partieller Differentialgleichungen höherer Ordnung gab im Jahre 1747 das bekannte Problem der schwingenden Saite; es handelte sich darum, die Gestalt zu ermitteln, welche eine gespannte, an ihren beiden Endpunkten befestigte Saite annehmen kann; da diese Gestalt sich mit der Zeit ändert, führt das Problem auf eine partielle Differentialgleichung, und zwar auf eine Gleichung II. Ordnung. D'Alembert hat sich zuerst mit diesem Problem beschäftigt; unter seinen Nachfolgern sind Euler und Daniel Bernoulli zu nennen. — Wesentlich gefördert

*) Die Prinzipien dieser Methode besass Jacobi schon vor 1840; im Zusammenhange veröffentlicht wurde dieselbe aber erst nach seinem Tode (1862).

*) Die Geschwindigkeit eines frei fallenden Steines wird nicht allein durch die Fallzeit, sondern auch durch die mit der geographischen Breite veränderliche Beschleunigung der Schwerkraft bedingt; der Druck einer abgesperrten Gasmasse hängt ausser von deren Volum noch von der Temperatur, das Azimuth eines Sternes ausser von seiner Höhe noch von der geographischen Breite des Beobachtungsortes ab.

wurde die Theorie der partiellen Differentialgleichungen höherer Ordnung im Anfange des gegenwärtigen Jahrhunderts durch die glänzenden Untersuchungen Fourier's über die Verbreitung der Wärme in festen Körpern, Untersuchungen, an welche sich weitere Arbeiten von Poisson, Lamé u. A. anschlossen. Es zeigte sich, dass die in einem bestimmten Punkte des fraglichen Körpers vorhandene Temperatur als Funktion der Zeit und der Koordinaten dieses Punktes einer gewissen partiellen Differentialgleichung II. Ordnung Genüge leistet; soll man aus dieser Differentialgleichung auf die Art schliessen können, in welcher zu beliebiger Zeit innerhalb des Körpers die Temperatur vertheilt ist, so müssen Angaben über den Wärmezustand der Oberfläche zu jeder Zeit, sowie über die Temperaturvertheilung für einen gewissen Anfangstermin vorliegen. — Einen weiteren Anlass zur Beschäftigung mit partiellen Differentialgleichungen höherer Ordnung gab die Potentialtheorie. Naturwissenschaftliche Thatsachen haben die Entstehung dieser interessanten Disziplin angeregt, auf welche man aus rein mathematischem Interesse wohl niemals gekommen wäre. Bei dem Bestreben, die verschiedenen Naturkräfte, welche sich in der gegenseitigen Anziehung oder Abstossung von Massen oder Massentheilen äussern, in einheitlicher Weise mathematisch zu behandeln, wurde man auf eine Funktion von drei unabhängigen Veränderlichen geführt, welche man das Newton'sche Potential eines gewissen Raumpunktes in Bezug auf ein gegebenes System materieller Punkte genannt hat. Es zeigte sich nun, dass diese Funktion, wenn man die drei rechtwinkligen Koordinaten des betreffenden Punktes als die unabhängigen Veränderlichen auffasst, einer einfachen partiellen Differentialgleichung II. Ordnung genügt, der bekannten Laplace'schen Gleichung.*) Auf die durch diese Differentialgleichung definirte Klasse von Funktionen bezieht sich das berühmte, lange Zeit so viel umstrittene Dirichlet'sche Prinzip. — Die symmetrische Form der Laplace'schen Gleichung legte den Versuch nahe, die analog gebaute partielle Differentialgleichung in zwei unabhängigen Veränderlichen zu betrachten**); das Studium dieser einfacheren Gleichung hat zu den interessanten Theorien des logarithmischen Potentials und der konformen Abbildung geführt, welche ihrerseits in merkwürdigem Zusammenhange stehen mit der allgemeinen Theorie der Funktionen einer

komplexen Veränderlichen. In wie hohem Grade Riemann, der geniale Begründer der letzteren Theorie, in seinem mathematischen Denken beeinflusst wurde durch physikalische Vorstellungen, ist erst kürzlich von hervorragender Seite dargelegt worden.)*

Wenn übrigens die allgemeine Funktionentheorie in den Riemann'schen Untersuchungen der Lehre von den Differentialgleichungen Material geliefert hat, so hat sie auch andererseits von dieser die mächtigsten Impulse empfangen; in dem Studium von Funktionen, welche durch Differentialgleichungen definirt werden, erblickt die heutige Funktionentheorie eine ihrer wichtigsten Aufgaben. Bei der ausserordentlichen Schwierigkeit solcher Untersuchungen sind zunächst nur ganz spezielle Klassen von Differentialgleichungen dieser funktionentheoretischen Behandlungsweise unterworfen worden; insbesondere hat man seit den ausgezeichneten Arbeiten von Fuchs (1866—1868) die gewöhnlichen linearen Differentialgleichungen mit grossem Erfolge in dieser Richtung studirt.

Dagegen hat sich für die allgemeine Theorie der Differentialgleichungen ein Begriff von höchster Bedeutung gezeigt, der von Lie in die Wissenschaft eingeführt worden ist: der Begriff der kontinuierlichen Transformationsgruppe. Auf dem Gebiete der Geometrie liegen die Wurzeln des Begriffs der Transformation, dessen Verwendung in der Analysis auf eine Umformung der Probleme durch Einführung neuer unbekannter, bez. neuer veränderlicher Grössen hinauskommt. Indem man gewisse Systeme von endlichen Gleichungen zwischen einer geraden Anzahl von Veränderlichen als Transformationen auffasste, wurde der Gesichtskreis der mathematischen Wissenschaft in ähnlicher Weise erweitert, wie einst durch die seit dem 17. Jahrhundert geläufige Vorstellung, dass jede einzelne endliche Gleichung zwischen zwei veränderlichen Grössen einen Funktionalzusammenhang definirt. Der Begriff der Gruppe hingegen ist in der neueren Algebra entstanden; insbesondere hatte der französische Mathematiker Galois gewisse Gruppen, welche nach der jetzigen Terminologie als diskontinuirlich zu bezeichnen sind, mit grossem Erfolge für die Behandlung algebraischer Gleichungen verwerthet. Eigenschaften ganz anderer Art kommen den von Lie eingeführten Gruppen zu, welche dieser Mathematiker als kontinuierlich bezeichnet hat, da jede derartige Gruppe aus unendlich vielen Transformationen besteht, deren Inbegriff eine stetige Mannigfaltigkeit bildet; in den

*) Diese Differentialgleichung lautet:

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = 0.$$

**) Also die Differentialgleichung:

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} = 0.$$

*) F. Klein, Riemann und seine Bedeutung für die Entwicklung der modernen Mathematik. Vortrag, gehalten auf der 66. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte in Wien am 26. September 1894.

Gleichungen, durch welche eine solche Gruppe dargestellt wird, können entweder nur willkürliche Konstanten, oder auch willkürliche Funktionen vorkommen, ein Umstand, auf welchem die Unterscheidung endlicher und unendlicher kontinuierlicher Gruppen beruht. — Die Verwerthung dieser Begriffe für die Theorie der Differentialgleichungen hat ihren Ausgangspunkt in der von Lie erkannten Tatsache, dass alle älteren Integrationsmethoden sich auf Differentialgleichungen beziehen, welche — nach der von ihm gebrauchten Ausdrucksweise — sich bei gewissen leicht angebbaren Gruppen von Transformationen invariant verhalten; Lie schloss hieraus, dass die Möglichkeit, jene Differentialgleichungen zu integrieren, auf eben dieser Eigenschaft beruhe, und dass daher die systematische Verwerthung derselben zu rationellen Integrationstheorien führen müsse. Diese Vermuthung bestätigte sich im vollsten Umfange; die Anwendung des Begriffs der kontinuierlichen Gruppe auf die Theorie der Differentialgleichungen erwies sich als ein Prinzip von überraschender Tragweite und vertiefte die Einsicht in die Natur dieser Gleichungen ganz wesentlich; so führte sie u. A. zu äusserst interessanten Aufschlüssen über das Wesen der von Euler und Jacobi herrührenden sogenannten Multiplikatorsätze. — Von besonderer Bedeutung für die Theorie der Differentialgleichungen ist eine gewisse unendliche Gruppe, deren Transformationen Lie aus geometrischen Gründen Berührungstransformationen genannt hat. Ansätze zur Bildung dieses Begriffs finden sich schon in früherer Zeit; Lagrange war durch analytische, Plücker durch geometrische Betrachtungen demselben bereits sehr nahe gekommen. Die Fruchtbarkeit des Begriffs der Berührungstransformation hat sich insbesondere bei den Untersuchungen Lie's über die partiellen Differentialgleichungen I. Ordnung gezeigt, deren Theorie durch Einführung dieses Begriffs einen erstaunlichen Grad von Durchsichtigkeit, Eleganz und Einfachheit erhält. Man darf wohl hinzufügen, dass die Verwerthung der unendlichen Gruppen im Allgemeinen und der Berührungstransformationen im Besonderen berufen zu sein scheint, auch der allgemeinen Theorie der partiellen Differentialgleichungen höherer Ordnung diejenige Abrundung zu geben, welche dieselbe jetzt noch vermissen lässt; eine Reihe gehaltvoller Arbeiten, welche in den letzten Jahren über diesen Gegenstand erschienen sind, lassen diese Hoffnung berechtigt erscheinen.

Damit aber sind wir angelangt in der Gegenwart; mit dem Rückblick auf die Vergangenheit scheint es angemessen, auch einen Ausblick zu verbinden in die Zu-

kunft. Die geschichtliche Entwicklung der Lehre von den Differentialgleichungen, dieser wichtigsten mathematischen Disziplin der Gegenwart, zeigt uns die gegenseitigen Beziehungen zwischen Mathematik und Naturwissenschaft in einem lebensvollen Bilde. Wird auch künftig dieses Verhältniss bestehen bleiben? Und werden die auf mathematisch-naturwissenschaftlichem Boden erwachsenen technischen Wissenschaften auch weiterhin enge Fühlung behalten mit jenen beiden Gebieten?

Die gewaltige Ausdehnung, welche die Arbeitsfelder der verschiedenen Wissenschaften heute angenommen haben, hat eine Theilung der wissenschaftlichen Arbeit nothwendig gemacht, welche die Gefahr einer unfruchtbaren Zersplitterung mit sich bringt. Dieser Gefahr, welche vielleicht besonders nahe liegt auf dem Gebiete der exakten Wissenschaften, gilt es zu begegnen; es handelt sich darum zu verhindern, dass die Forschung sich ins Einzelne verliert, ohne den Blick auf das Ganze gerichtet zu halten. Am besten entgegengearbeitet aber wird dem Uebel, wenn in den Vertretern der einzelnen Wissenschaften das Bewusstsein lebendig bleibt, dass ihre Gebiete ein zusammengehöriges Ganzes bilden, dass nicht in dem Nebeneinanderwirken, sondern vor allem in dem Miteinanderarbeiten die sicherste Bürgschaft des Erfolges gelegen ist. Die Mathematik darf nie aufgehen in ihren Anwendungen auf andere Gebiete; sie muss frei ihren eigenen Bahnen folgen; denn eine Wissenschaft würde nicht mehr diesen Namen verdienen, wenn sie aufhören wollte, die Wahrheit zu suchen um ihrer selbst willen. Wohl aber kann die Mathematik freudig eingehen auf die Fragen, welche Naturwissenschaft und Technik unaufhörlich an sie stellen; sie hat diesen Anregungen manchen Baustein zu verdanken, welcher das stolze Gebäude ihrer Theorien stützt. — Und der Vertreter technischer Wissenschaft und Praxis? Soll er Mathematik und Naturwissenschaft als zwei lästige Begleiterinnen ansehen, die er entlässt, sobald sie ihn bis an die Pforten seiner Fachwissenschaften geführt haben? Die Frage stellen, heisst sie beantworten. Nur, wer den organischen Zusammenhang seiner Berufswissenschaft mit den benachbarten Gebieten klar erfasst hat und lebendig in sich fühlt, wird die Freudigkeit und Kraft finden, dieselbe selbstthätig zu fördern; nur diese Auffassung schützt vor jener flachen Lebensanschauung, welche selbst im Grossen fortwährend bloss das Kleine sieht; nur auf diesem Boden erwächst jener Idealismus, welcher auch im Kleinen beständig das Grosse vor Augen hat.

Literarische Besprechungen.

Elementares Lehrbuch der Technischen Mechanik für Studirende und zum Selbstunterricht, bearbeitet von Oskar Hoppe, Professor an der Kgl. Bergakademie zu Clausthal. — Erste Abtheilung: Mechanik des Punktes und Mechanik der Körper. Mit 453 Abbild. 1894. — Zweite Abtheilung: Mechanik der tropfbaren und gasförmigen Flüssigkeiten. Mit 106 Abbild. 1895. Leipzig, Verlag von Arthur Felix.

Der Verfasser hat sich die Aufgabe gestellt, kein Buch für Gelehrte, sondern für Techniker zu schreiben, stets im Hinblick auf die Bedürfnisse des Praktikers und auch für jeden Freund der Technik. Aus diesem Grunde wurde von vornherein auf die Anwendung der höheren Mathematik verzichtet, aber trotzdem der ganze Aufbau der Wissenschaft nach strenger Grundlage angeordnet.

Ferner wurde ein Hauptwerth darauf gelegt, den Stoff möglichst leichtfasslich zu gestalten, die Ergebnisse durch allbekannte Vorgänge des täglichen Lebens zu prüfen und auf die bekannten einfachen Apparate und Maschinen als Beispiele anzuwenden. Diese Aufgabe hat der Verfasser in sehr schöner Weise gelöst. Die Mechanik wird hier nicht, wie bisher meist üblich, in Statik und Dynamik eingetheilt, sondern das Gleichgewicht der Körper wird als besonderer Fall der Dynamik aufgefasst, wonach folgende Eintheilung entsteht:

I. Mechanik des Punktes. 1. Mechanik des geometrischen Punktes (Bewegungslehre), 2. Mechanik des materiellen Punktes.

II. Mechanik der Körper. 1. Geometrische Körper, 2. materielle Körper: a) feste, b) flüssige Körper.

Vorangestellt werden einige allgemeine Grundbegriffe und Erfahrungsgesetze (über die Massenbeschleunigung, die Trägheit, die Unabhängigkeit verschiedener Wirkungen und die Wechselwirkung). Was die Behandlung im Einzelnen betrifft, so ist zunächst zu bemerken, dass besonders wichtige Gegenstände, wie z. B. das Kurbelgetriebe, oder der Satz von der Erhaltung der Energie bei der Behandlung etwas bevorzugt sind, was gewiss gerechtfertigt ist. Die verschiedenen praktischen Beispiele über den Satz von der mechanischen Arbeit erläutern denselben in trefflichster Weise, und die möglichst frühzeitige Kenntniss von der umfassenden Anwendung dieses Satzes ist für den angehenden Techniker nicht hoch genug anzuschlagen. Bei den Zentralkräften sind die verschiedenen Regulatoren für gleichförmige Drehbewegung kurz behandelt. Die Kepler'schen Gesetze werden nur mitgetheilt, aber nicht bewiesen, was für den Zweck des Buches genügen mag, zumal sie von Kepler selbst nur auf empirischem Wege gefunden wurden; dahingegen ist der Weg, wie Newton zu seinem berühmten Gravitationsgesetze gelangte, kurz angegeben, was recht empfehlenswerth erscheint.

Der erste Abschnitt von Theil II: „Mechanik der geometrischen Körper“ entspricht nach dem Buche insofern nicht ganz der zuerst behandelten „Mechanik des geometri-

schen Punktes“, als bei dieser die Bewegungen mit Rücksicht auf die Zeit betrachtet werden (Geschwindigkeit, Beschleunigung), bei jener jedoch nach dem Verfasser nur die Bewegungen geometrischer Körper ohne Rücksicht auf Stoff und Zeit. Es wäre wohl systematisch richtiger, wenn das Gebiet der Mechanik geometrischer „Körper“ in ganz entsprechender Weise erklärt würde, wie das der Mechanik des geometrischen „Punktes“, nämlich allgemein als Betrachtung der Bewegungsvorgänge in der Zeit, wobei man bei den Körpern die Bewegungen zunächst nur im Raume (ohne Betrachtung der Zeit) und dann mit Berücksichtigung derselben (Geschwindigkeit, Beschleunigung) behandeln könnte. Letzteres hat der Verfasser, vermuthlich als über den Rahmen des Buches hinausgehend, nicht gethan; es würde aber, mit Rücksicht auf eine strenge Systematik, für eine spätere Auflage wohl zweckmässig sein, wenigstens kurz mit einigen einfachen Beispielen hierauf einzugehen. Im Uebrigen behandelt die „Mechanik der festen Körper“ zunächst die Zusammensetzung von Kräften und Kräftepaaren, die sechs Gleichgewichtsbedingungen, den Schwerpunkt, unterstützte Körper (verschiedene Waagen, den Hebel mit vielen praktischen Beispielen, die Stabilität, Stangenverbindungen), einige Sätze der graphischen Statik, die Drehbewegung der Körper (Trägheitsmomente, Arbeit bei der Drehung, Anwendungen auf physische Pendel und Schwungräder). Hierauf folgen die Abschnitte über die Reibung, die Seilreibung und Seilsteifigkeit mit den üblichen Anwendungen auf Schrauben, Keile, Bremsvorrichtungen, Flaschenzüge, Bremsdynamometer, die Erscheinungen des Klemmens, die Zapfenreibung und die rollende Reibung. Den Schluss der ersten Abtheilung des Buches bildet die Lehre vom Stoss nebst Anwendungen (Dampfhammer, Ramme, bergmännische Bohrarbeit, Schmiedehammer, ballistisches Pendel).

Die zweite Abtheilung des Werkes, enthaltend die Mechanik der tropfbaren und gasförmigen Flüssigkeiten, weicht von der bisher meist üblichen Eintheilung und Behandlungsweise wesentlich ab. Nach einleitender Erörterung einiger Grundbegriffe über die Bewegung der Flüssigkeiten folgt zunächst die „Mechanik der Flüssigkeiten mit Rücksicht auf die Wärme“, wobei die beiden Hauptsätze der mechanischen Wärmetheorie in möglichst einfacher Fassung gegeben und erklärt werden. Dann folgt eine kurze Erklärung der drei Aggregatzustände nach den neueren Anschauungen über die Bewegungsvorgänge im Innern der Körper (nach Clausius, Maxwell u. A.) als Einleitung

in die Kinetik der Gase nach der Molekulartheorie. Die Grundformel über den Gasdruck wird hierbei mit Hilfe des Energiegesetzes in recht einfacher, wenn auch nicht ganz einwandfreier, für den Zweck aber wohl genügender Weise abgeleitet; eine andere auch elementare Ableitung der Grundformel findet sich übrigens auch bei Helm: „Elemente der Mechanik und mathematischen Physik“ (Leipzig 1884, Teubner, S. 135). Aus der Formel für den Gasdruck werden dann die Gesetze von Avogadro, Boyle (Mariotte), Gay-Lussac gefolgert, die Gesetze von Poisson und Van der Waals angeführt und noch die Grundlagen der Mechanik des Wasserdampfes gegeben. Die darauf folgende „Mechanik der Flüssigkeiten ohne Rücksicht auf Wärme“ enthält das, was bisher meist mit Hydrostatik und -dynamik, sowie Aerostatik und -dynamik bezeichnet wird, soweit es für das praktische Bedürfniss des Technikers unbedingt nöthig ist. Den Schluss bildet die Berechnung der Wandstärke zylindrischer Gefässe, ein Kapitel, das mehr der Festigkeitslehre angehört.

Ueber die ganze Art der Behandlung, die auch manches Eigenartige bringt, sei noch bemerkt, dass als Einleitung jedes wichtigen Abschnittes ein aus dem Leben gegriffenes Beispiel vorangestellt wird, an welchem die Erscheinungen kurz erklärt werden, die nachher ihre wissenschaftliche Begründung erhalten; es trägt dies zweifellos

dazu bei, von vornherein das Interesse für den Gegenstand zu erwecken und ein leichteres Verständniss anzubahnen. Die Figuren zeigen durchweg das Gepräge originaler Gestaltung, die schematische Einfachheit mit sachlicher Korrektheit verbindet. Ein ausführliches sachliches und alphabetisches Inhaltsverzeichnis am Anfang und Ende jeder der beiden Abtheilungen erleichtert wesentlich das Auffinden eines gesuchten Gegenstandes. Für gutes Papier und tadellosen Druck hat die bekannte Verlagsbuchhandlung Sorge getragen.

Aus dem Gesagten lässt sich erkennen, dass unter den mannigfachen elementaren Lehrbüchern der Mechanik das vorliegende einen besonderen Rang einnimmt, indem es eine sehr anschauliche, lebendige Darstellung mit Wissenschaftlichkeit in seltenem Maasse vereinigt, die gefundenen Ergebnisse an mannigfachen technischen Beispielen erläutert und sich von einem trockenen Lehrstil so viel als möglich fernhält. Hiernach kann das vortreffliche Buch allen denen auf das Wärmste empfohlen werden, die es lieben, „mit den einfachsten Mitteln das Höchste zu erreichen“, wie der Verfasser in der Vorrede sagt; der Nutzen und die weitere Liebe zu der schönen Wissenschaft der Mechanik, die sich in den letzten Jahrzehnten zur Grundlage unserer ganzen Naturerkenntniss aufgeschwungen hat, wird dann nicht ausbleiben. —d.

F. Müller, Grundzüge des Kleinbahnwesens. Berlin, Ernst & Korn. 1895.

Das preussische Gesetz über Kleinbahnen und Privat-Anschlussbahnen vom 28. Juli 1892 hat weite Kreise in die Erörterung über die zweckmässigste Art und Weise der Ausführung solcher Anlagen hineingezogen. Die Frage, mit welchen Mitteln nach Maassgabe der jeweiligen wirtschaftlichen Verhältnisse derartige Kleinbahnen herzustellen und zu betreiben sind und in welcher Weise der Aufwand für Verzinsung des Anlagekapitals, die Unterhaltung und den Betrieb der Bahn unter thunlichster Erreichung des angestrebten Verkehrsvortheils zu einem Minimum zu machen ist, gewinnt immer grössere Bedeutung, je untergeordneter die maassgebenden Verhältnisse sind, je niedriger daher das aufzuwendende Kapital zu bemessen ist und je vorsichtiger die Entscheidung über die Betriebseinrichtungen getroffen werden muss.

Das vorliegende Werk soll den Interessenten an der Hand der allerwärts bereits vorliegenden Ausführungen die verschiedenen Mittel und Wege zeigen und sie befähigen, sich selbst ein Urtheil über die Zweckmässigkeit und Verwendbarkeit derselben zu bilden. Der überaus reiche Stoff ist zu diesem Zweck in drei Hauptabschnitte über „das Wesen des Unternehmens“, „den Bau und die Ausrüstung von Kleinbahnen“ und „die administrativen und wirtschaftlichen Verhältnisse“ getheilt, und es ist anzuerkennen, dass nicht nur das vorhandene Material in einer so erschöpfenden Weise, wie es bisher nicht geschehen ist, zusammengestellt wurde, sondern dass sich auch der Verfasser hierbei der möglichsten Objektivität befleissigt, und überall, wo es sich um die Beurtheilung der einschlagenden Verhältnisse handelt, zwar die Urtheile maassgebender Persönlichkeiten, Korporationen und Kongresse angeführt, sich

im Uebrigen aber begnügt hat, dem Leser durch Darlegung möglichst vieler Seiten der Frage selbst die Gewinnung eines Urtheils zu ermöglichen. Das ist insbesondere in der im ersten Abschnitt behandelten wichtigen Frage über die Unterscheidung der Kleinbahnen nach der Spurweite geschehen.

Bekanntlich ist diese Frage neuerdings noch dadurch kompliziert worden, dass zu den in den „Grundzügen“ des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen empfohlenen Spurweiten von 1,435 m, 1 m und 0,75 m — namentlich in Folge der Entschliessungen des französischen und deutschen Kriegsministeriums, in Frankreich wesentlich unterstützt durch die Bemühungen der Decauville'schen Fabrik — die bis dahin nur auf der Festimogbahn angewandte Spurweite von 0,60 m getreten ist und mit der Mecklenburg-Pommerschen Schmalspurbahn ihren Einzug in Deutschland gehalten hat. Dieselbe hat ebenso entschiedene Verfechter (de Lapparent und Leroy-Beaulieu) wie Feinde (v. Bodanyi u. A.) gefunden, wie dies auch die Wiedergabe der Debatten des Internationalen Eisenbahnkongresses von St. Petersburg im Jahre 1892 und des im Jahre 1893 abgehaltenen Internationalen Strassenbahn-Kongresses von Budapest erkennen lässt. Beide Vereinigungen sind übrigens zu dem fast übereinstimmenden Beschlusse gelangt, die grösste Freiheit in der Wahl der Spurweite anzuempfehlen und anzuerkennen, dass jede Spur, je nach den örtlichen Verhältnissen, den Vorzug verdienen kann, die Frage daher von Fall zu Fall zu erledigen sein wird, wobei jedoch die in der Praxis bereits bewährten Typen von 1,435 m, 1 m, 0,75 m und 0,60 m allein in Frage zu kommen haben würden. Dieser Entscheidung der Frage ist übrigens schon

um deswillen beizupflichten, weil für die Kleinbahnen die möglichste Individualisirung und Anpassung an die Verkehrs- und Terrain-Verhältnisse im Einzelfalle geboten erscheint und die Spurweite eines der wichtigsten Mittel ist, die Eigenart zur Wirkung zu bringen und die Kleinbahnen vor einem schädlichen Schematismus zu bewahren.

Wie der Verfasser bei dieser Gelegenheit dazu kommt, die Behauptung (welche sich auf S. 16, 24 und 497 wiederholt findet) aufzustellen, dass man in Sachsen trotz der bedeutenden Länge der Bahnen mit 75 cm weiter Spur und ihrer Erfolge doch zu bedauern anfangs, nicht von Anfang an die Meterspur gewählt zu haben, ist uns allerdings nicht bekannt. Unseres Wissens hat es in Sachsen zwar nicht an Stimmen gefehlt, welche an Stelle der schmalen Spur wieder die ausschliessliche Anwendung der normalen Spur setzen wollten, dagegen haben wir von solchen Bemühungen zu Gunsten der Meterspur nichts erfahren. Wiederholt ist dagegen neuerdings die Frage der Anwendung von 0,60 m weiter Spur in Anregung gebracht, aber jedesmal — unter Hinweis auf die Zweckmässigkeit der einmal gewählten Spur — abgelehnt worden.

Im Uebrigen sind freilich die Erfahrungen der sächsischen Schmalspurbahnen insofern mit einer gewissen Vorsicht zu benutzen, als bei ihnen die für das Prinzip der Kleinbahnen so wichtige Individualisirung in mehr als einer Beziehung durch die staatliche Ausführung und die Unterstellung aller dieser Bahnen unter eine Behörde bedroht erscheint. Der von der sächsischen Regierung im Ausflusse höchsten Gerechtigkeitsgefühles proklamirte Grundsatz, auch den wirtschaftlich ärmeren Theilen des Landes, welche an ihrem Theile doch zur Ausführung der längst fertig gestellten und gut rentirenden Hauptbahnen beigetragen haben, nun auch die Segnungen des Eisenbahnverkehrs ohne jede Mitwirkung der Interessenten zu Theil werden zu lassen, die von Seiten der Landesvertretung bei jeder Gelegenheit erhobene Forderung, die an den grossen Verkehrszentren nothwendig gewordenen Aufwendungen durch entsprechende Leistungen zu Gunsten der noch nicht in den Bahnverkehr gezogenen Landestheile auszugleichen, hat namentlich in Betreff des Grunderwerbs weit höhere Kosten erfordert, als dies anderwärts für derartige Bahnen zugestanden werden dürfte und es die auf S. 43 ff. des vorliegenden Werkes entwickelten Grundsätze gerechtfertigt erscheinen lassen. Dieser Aufwand für Grunderwerb schwankt bei den einzelnen sächsischen Schmalspurbahnen zwischen 8,12 und 19,24 Prozent des gesammten Baukapitals und beträgt im Mittel 11,42 Prozent oder 8332 $\mathcal{M}$ pro km bei einem durchschnittlichen Gesamtaufwand von 72 951 $\mathcal{M}$ pro km der bisher ausgeführten Bahnen von 327,42 km Länge. Wenn sich die nach solchen Grundsätzen staatlich ausgeführten und verwalteten Schmalspurbahnen im Jahre 1894 mit nur 0,204 Prozent des Anlagekapitals verzinst haben, so dürften solche Ergebnisse kaum zum Bau ähnlicher Bahnen durch die Interessenten und Gemeinden aufmuntern, und es muss deshalb ausdrücklich darauf hingewiesen werden, dass das sächsische Schmalspurnetz der Entwicklung der sächsischen Industrie, hierdurch aber der Steuerkraft des Landes und der Hebung des Verkehrs auf den Haupt-

bahnen indirekt zu hohem Nutzen gereicht, eben deshalb aber auch nur in den Händen der staatlichen Verwaltung des gesammten Bahnnetzes möglich geworden ist.

Im zweiten Abschnitt wird der Bau und die Ausrüstung der in Frage stehenden Bahnen, und zwar zunächst der Dampfbahnen, dann aber auch der Bahnen mit thierischer Zugkraft, der elektrischen Bahnen, der Bahnen mit Betriebsmaschinen besonderer Art und endlich der Bergkabelbahnen, und zwar für alle diese verschiedenen Betriebsarten unter Trennung in die allgemeinen Bedingungen für die Anlage und den Unterbau, dann den Oberbau, die Beziehungen zu anderen Verkehrswegen, die Stationen, Signale und Betriebsmittel besprochen und durch zahlreiche Beispiele und statistische Angaben erläutert. Wenn auch gerade in diesem Abschnitt der Mangel aller Illustrationen und Maassskizzen recht empfindlich hervortritt, so ist doch wohl nur hierdurch der verhältnissmässig geringe Umfang und Preis des Werkes zu ermöglichen gewesen, und dem Fachmann dürften die zahlreichen Literaturnachweise und Quellenangaben Gelegenheit bieten, den Mangel zu ersetzen. Dass in diesem Abschnitt neben den allerwärts ausgeführten Lokalbahnen auch die dem Vergnügungs-Verkehr dienenden Zahnstangen- und Drahtseilbahnen, ferner die englischen Untergrundbahnen, die städtischen Hochbahnen und Pferdebahnen mit aufgenommen und eingehend geschildert worden sind, erhöht die Bedeutung und Reichhaltigkeit der Zusammenstellung ganz erheblich.

Im letzten Abschnitt sind dann die administrativen und wirtschaftlichen Verhältnisse mit Einschluss des Tarifwesens, und zwar im Wesentlichen durch Anführung der Verhältnisse, wie sie sich bei den einzelnen Bahnen oder Bahngruppen in verschiedenen Ländern entwickelt haben, behandelt worden, und es ist auch hier dem Verfasser beizupflichten, wenn er bei der Darstellung der Verwaltung und des Betriebes die Verhältnisse der betreffenden Bahnen zusammengehalten hat, anstatt sie nach einzelnen Dienstzweigen auseinander zu nehmen, und ebenso für das Tarifwesen die einzelnen Bahnen nach Voranschickung einer Uebersicht über die in Frage kommenden Hauptpunkte bei den verschiedenen Arten der Kleinbahnen in zusammenhängender Form besprochen hat, während die wirtschaftlichen Verhältnisse zunächst bei den deutschen Bahnen eingehender behandelt sind und dann die Entwicklung des ausländischen Lokalbahnwesens unter Zufügung von bemerkenswerthen Beispielen in grossen Zügen geschildert worden ist.

Ein sehr reichhaltiges Literatur-Verzeichniss, sowie endlich ein die Benutzung des Werkes sehr erleichterndes Namen- und Sachregister vervollständigen das Buch, das seinem eigentlichen Zwecke, den Interessenten für die Erbauung von Kleinbahnen in Preussen zur Information zu dienen, vollständig entsprechen, aber auch weit über diesen Kreis hinaus nicht nur dem Laien, sondern auch dem Fachmann ein werthvolles Repertorium der gesammten Literatur des Kleinbahnwesens bieten dürfte.

v. O.

A. Haarmann, Die Kleinbahnen, ihre geschichtliche Entwicklung, technische Ausgestaltung und wirtschaftliche Bedeutung. Berlin, Siemenroth & Troschel. 1896.

Der bekannte Leiter des Georg-Marien-Bergwerks- und Hütten-Vereins, der sich durch eine grössere Anzahl von Konstruktionen für die Entwicklung unseres deutschen Eisenbahn-Oberbaues hochverdient gemacht hat und dessen Werk über die Eisenbahngleise durch seine reichhaltige Darstellung aller Oberbaukonstruktionen weit über die Grenzen Deutschlands hinaus bekannt geworden ist, hat sich der jetzt herrschenden Strömung, die Kenntniss der zur Ausbildung des Kleinbahnwesens dienlichen Verhältnisse in weitere Kreise zu tragen, nicht entziehen können und in einem 388 Seiten starken, mit zahlreichen Textillustrationen versehenen Bändchen die Kleinbahnen in vier Abschnitten besprochen, welche von der allgemeinen Entwicklung des Kleinbahnwesens, dem Bau der Kleinbahnen, dem Betrieb derselben und der Kleinbahn in der Volkswirtschaft handeln.

In der Aufzählung des Materials ist allerdings mehrfach die Angabe der Quellen, dann aber auch die Objektivität, welche das im Vorstehenden besprochene Werk auszeichnet, zu vermissen, und es ist dem mitten im Kampf der Ideen und Interessen stehenden Verfasser wohl auch kaum zu verübeln, wenn er mehrfach und natürlich ganz besonders bei der Besprechung des Oberbaues etwas pro domo spricht und urtheilt.

Der Versuch einer weitgehenden Klassifizierung der Eisenbahnen in Bezug auf ihre Verkehrsbedeutung erscheint nicht recht geglückt, und ganz entschieden müssen wir dem Verfasser widersprechen, wenn er auf S. 107 seine recht ausführliche Besprechung über die Spurweite mit dem Bedauern abschliesst, „dass bei dem Erlass des preussischen Kleinbahngesetzes nach Lage der Sache die Gewährung von mehr als einer bestimmten Spurweite nicht zu umgehen war“ und „dass noch viel zu gewinnen sein würde, wenn

wenigstens innerhalb zusammengehöriger grösserer Wirtschaftsgebiete die Spurfrage einheitlich geregelt würde“. Wir haben schon in der vorhergehenden Besprechung betont, dass wir nicht dieser Ansicht sind: wo die Wichtigkeit des Durchgangs der Betriebsmittel und die Aussicht auf die Verkehrsentwicklung für die Wahl der Spurweite entscheidend sein soll, da ist die Wahl bereits getroffen und die Anwendung der Normalspur voll gerechtfertigt, wo aber die Aufschliessung wirtschaftlich ärmerer Gegenden mit den für die Verkehrsverhältnisse geeignetsten Mitteln erstrebt wird, da muss die Wahl aller möglichen, der Erreichung dieses Zwecks dienlichen Mittel, die grösstmögliche Individualisirung und daher auch die Wahl der Spurweite für die thunlichste Anschmiegun an das Terrain und die Einführung des Verkehrs bis in den Fabrikhof freistehen.

Es würde ein grosser Fehler sein, sich „innerhalb zusammengehöriger grösserer Wirtschaftsgebiete“, in denen dennoch die für die Wahl der Spurweite maassgebenden Verhältnisse sehr verschieden sein können, einen Schematismus zweiter Ordnung zu schaffen und es genügt vollständig, wenn zur Vermeidung allzu weit gehender Verschiedenheit die bekannten Abstufungen von 1,435 m, 1 m, 0,75 m und 0,60 m zur Wahl gestellt werden.

Wie der Titel des Werkes besagt, ist dasselbe „für die Bedürfnisse der Praxis“ dargestellt und die Behandlung des Stoffs bestätigt im Allgemeinen diese Voraussetzung. Dabei dürfte die Hereinziehung gewisser Theorien, wie derjenigen des Trassirens von Launhardt u. s. w., wohl überflüssig, die zwar allgemein verständliche, aber für die Praxis nicht ausreichende Art der Darstellung technischer Details ohne Maassangaben dagegen mangelhaft erscheinen.
v. O.

von Tiedemann, Geh. Regierungsrath. Die Lüftung der Viehställe mit erwärmter Luft. Berlin, Hauptgeschäftsstelle der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft. 1895.

Dieses Heft 10 der „Arbeiten“ der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft berichtet über die Versuche, die der Verfasser im Auftrage der genannten Gesellschaft zur praktischen Ausprobung der Vorschläge anstellte, die er in seinem „Handbuch des landwirtschaftlichen Bauwesens“ (zu vergl. Bd. XXXIX, Heft 6 des Civilingenieur) behufs Lüftung der Viehställe gemacht hatte. Der Grundgedanke war der, die Wärme der abzuführenden aufsteigenden Luft möglichst zur Vorwärmung der herabsinkenden Frischluft auszunützen; von den verschiedenen Wegen, auf denen dies versucht wurde, erwies sich ein 40 cm weiter vierkantiger Holzschlot, der in seiner ganzen Höhe durch eine diagonale Scheidewand aus gewelltem Zinkblech in zwei Kanäle getheilt wird, als die wirksamste Einrichtung. Am Fusse des Schlots, unterhalb der Stalldecke, führt zu jedem Kanal eine durch Drosselklappe verschliessbare Oeffnung, oben (über Dach) sind gleichfalls etwa 30 × 40 cm grosse Oeffnungen, nach zwei entgegengesetzten Seiten, an diesem Schlot hergestellt und durch Abschrägen der überstehenden Wangenbretter und Einschieben schräger Bretter, oben

und unten, trichterförmig nach aussen erweitert. Bei den in interessanter Weise beschriebenen Versuchen gelangte der Verfasser zu dem Resultat, dass auch bei nur mässigem Wind stündlich 550 bis 650 cbm Luft ausgewechselt und dabei ca. 11 % des gesamten Wärmebedarfs gespart werden können. Da für jeden Wärmegrad unter der Normalwärme (20° C.) 2 bis 3 % Futterzulage erforderlich sind, so berechnet er weiter die zu erzielende Ersparniss an Futterkosten auf 7 bis 10 %.

Der „Civilingenieur“ widmete schon früher einmal (Band XL, Heft 3) der in Berlin domizilirten Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft Worte der Anerkennung; sie gebühren ihr auch für den vorliegenden Bericht. Nicht minder freilich dem Berichterstatter, der die Versuche mit praktischem Blick und wissenschaftlicher Einsicht anstellte. Zu verwundern ist nur, dass ihm die Kopfstellung von Fig. 8 entgehen konnte, sowie der Mangel jeder Angabe der Blechstärke, bei welcher 15—16 Wärmeeinheiten übertragen werden.

O. Gruner.

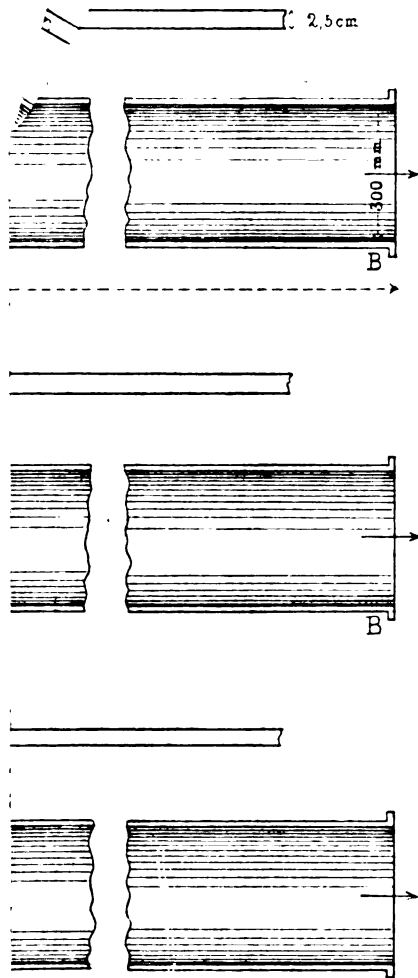


Fig. 6^a

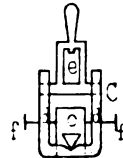


Fig. 6^b

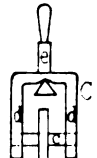


Fig. 7^c

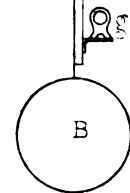
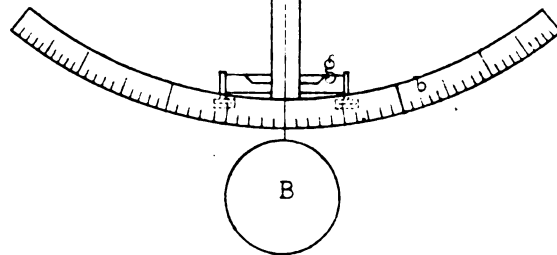
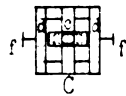


Fig. 5

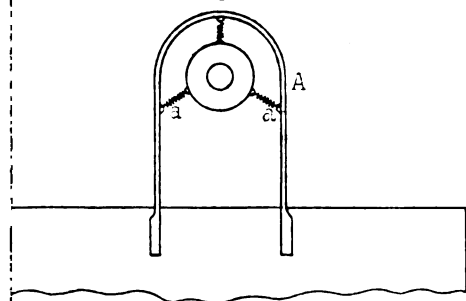


Fig. 7^a

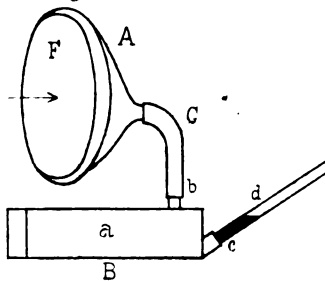
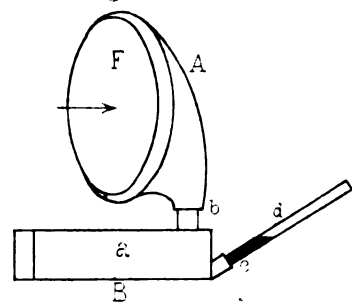
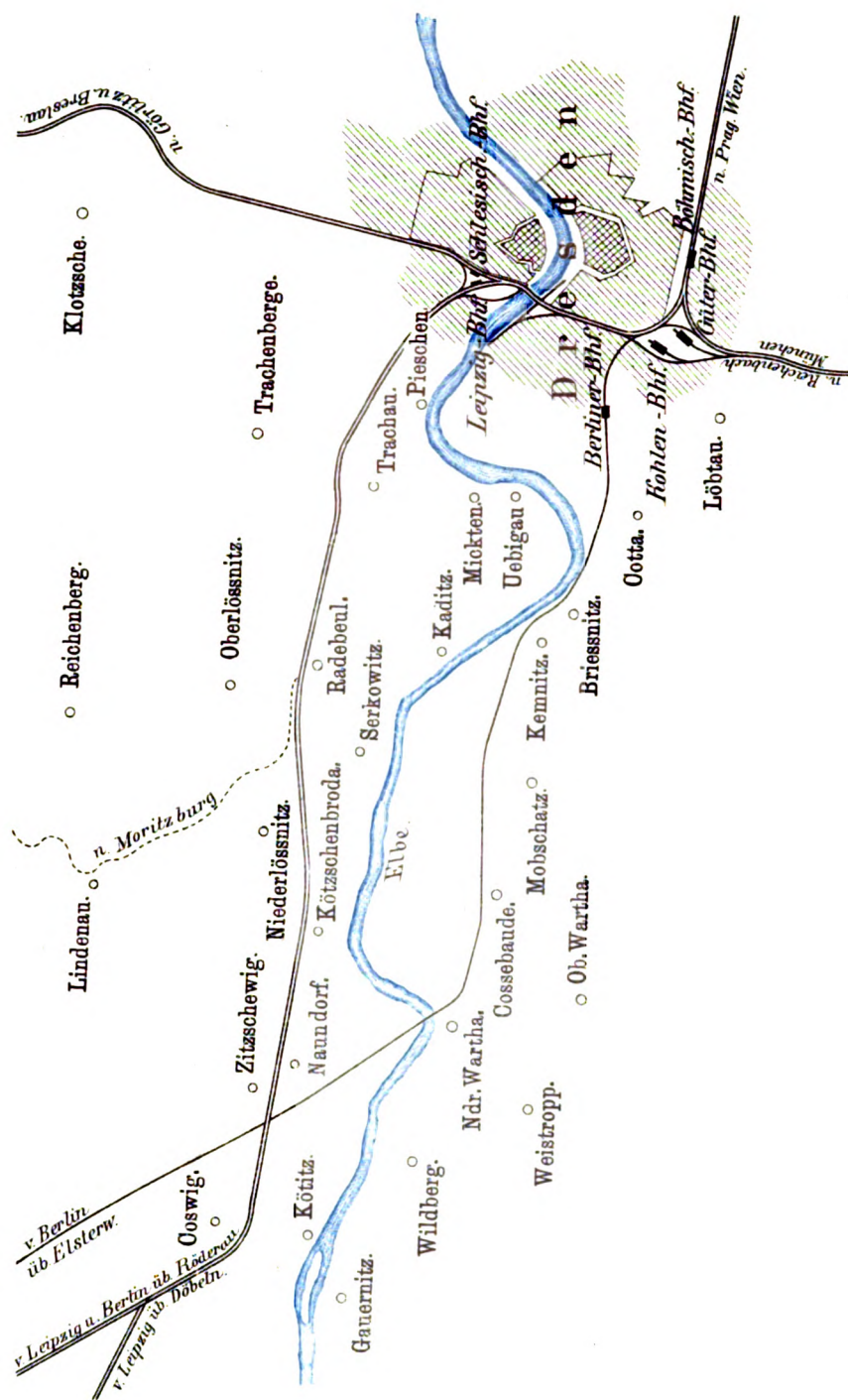


Fig. 7^b

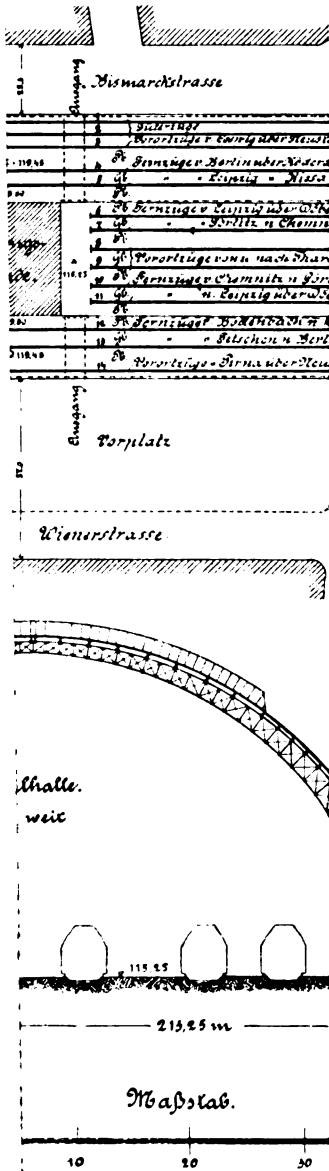


Alte Bahnhöfe.





ufe auf dem e



Jahrg. 1895. Tafel VI.

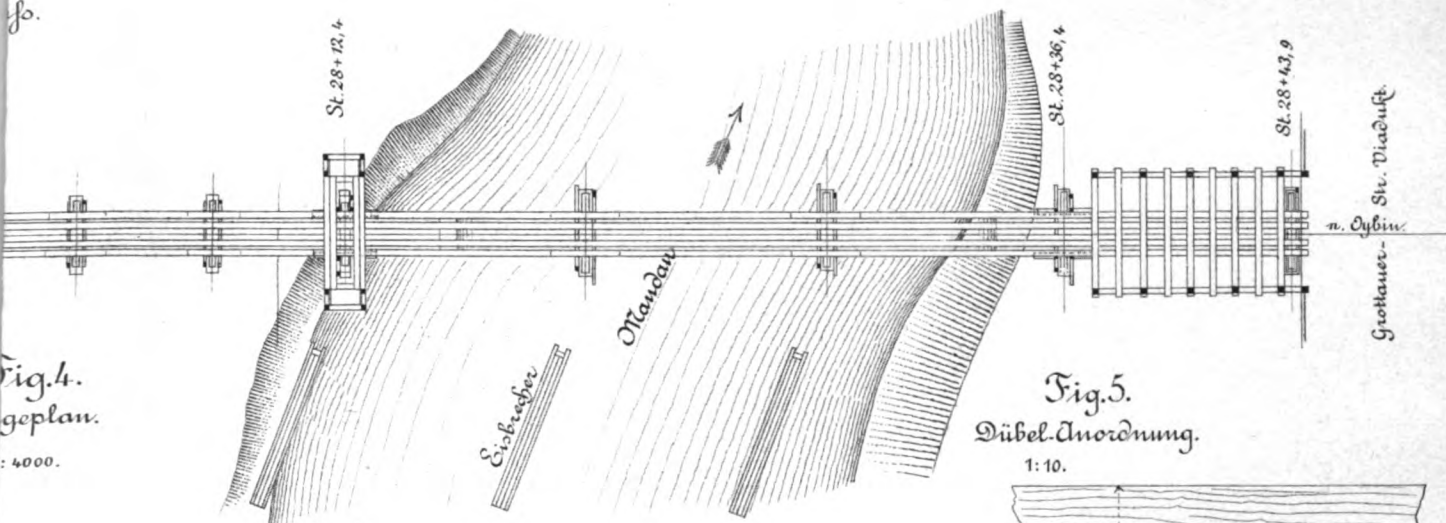
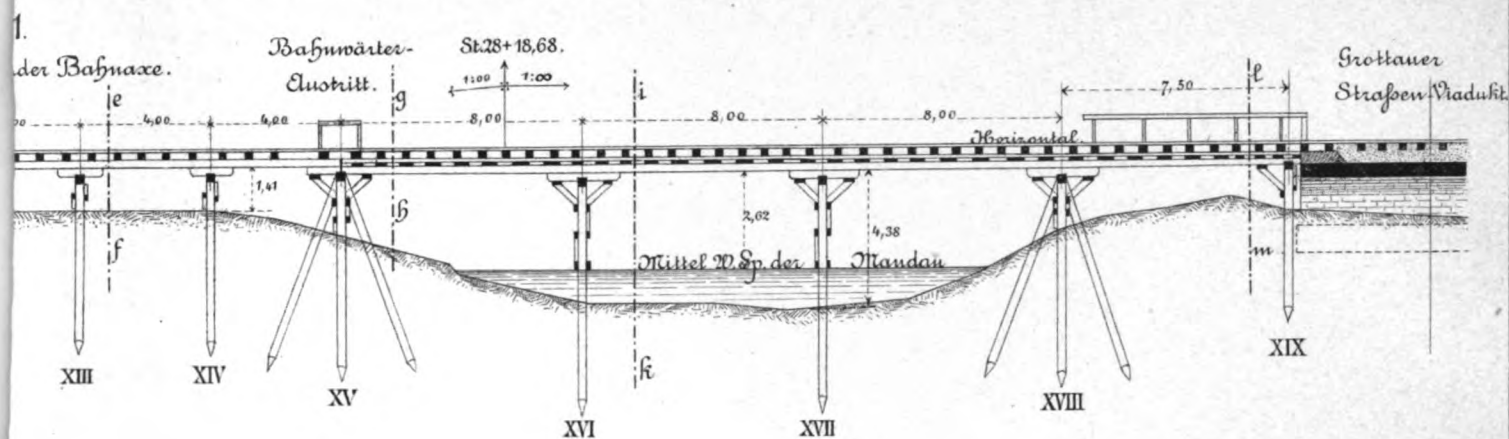
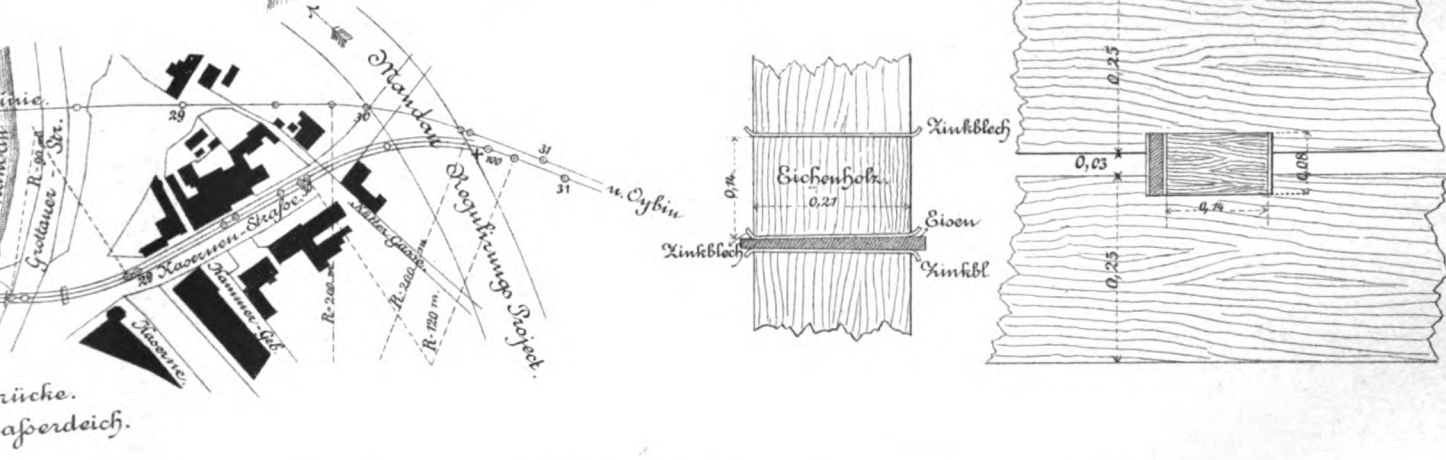


Fig. 4. geplan. 1:4000.

Fig. 5. Dübel-Anordnung. 1:10.



1.
Schnitt.

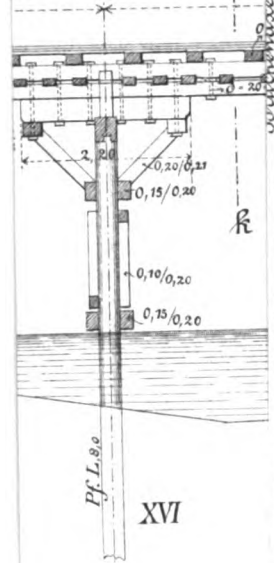
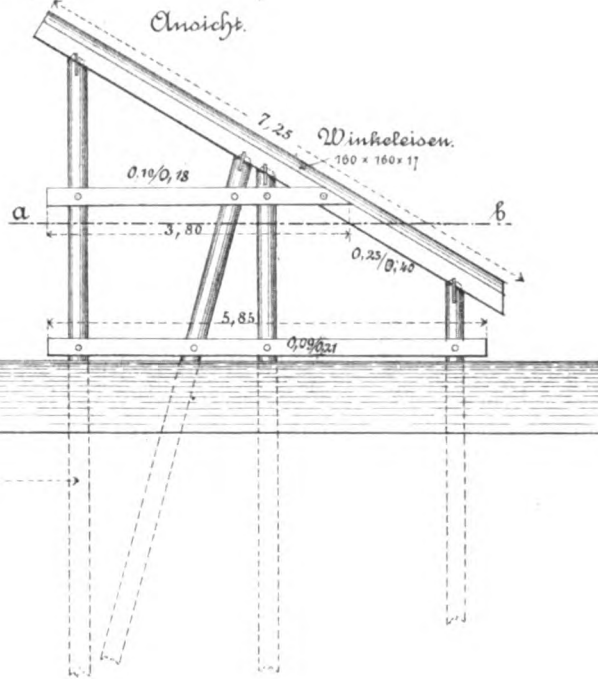


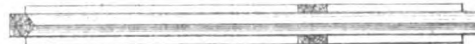
Fig. 4. Eisbrocher.

1:00.

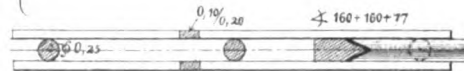
Einsicht.



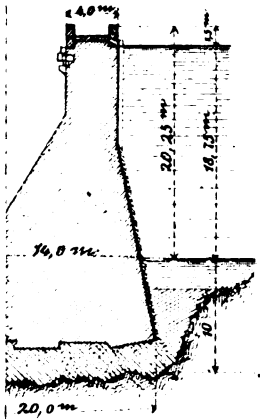
Draufsicht.



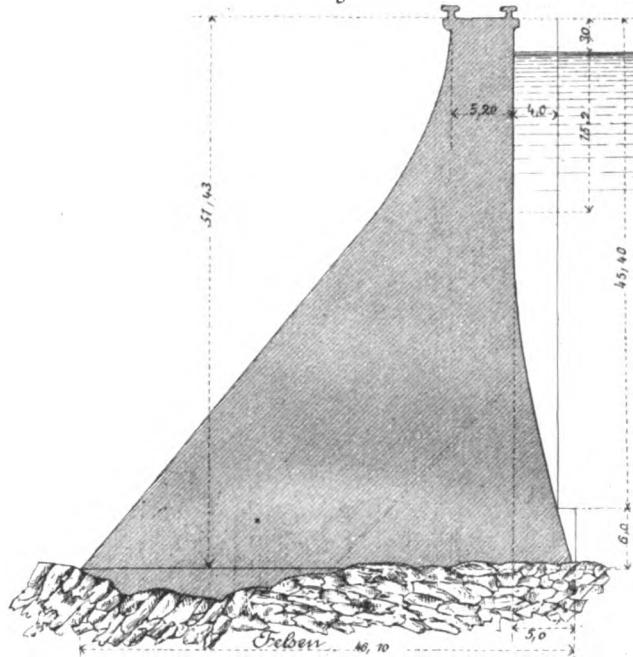
Schnitt a-b.



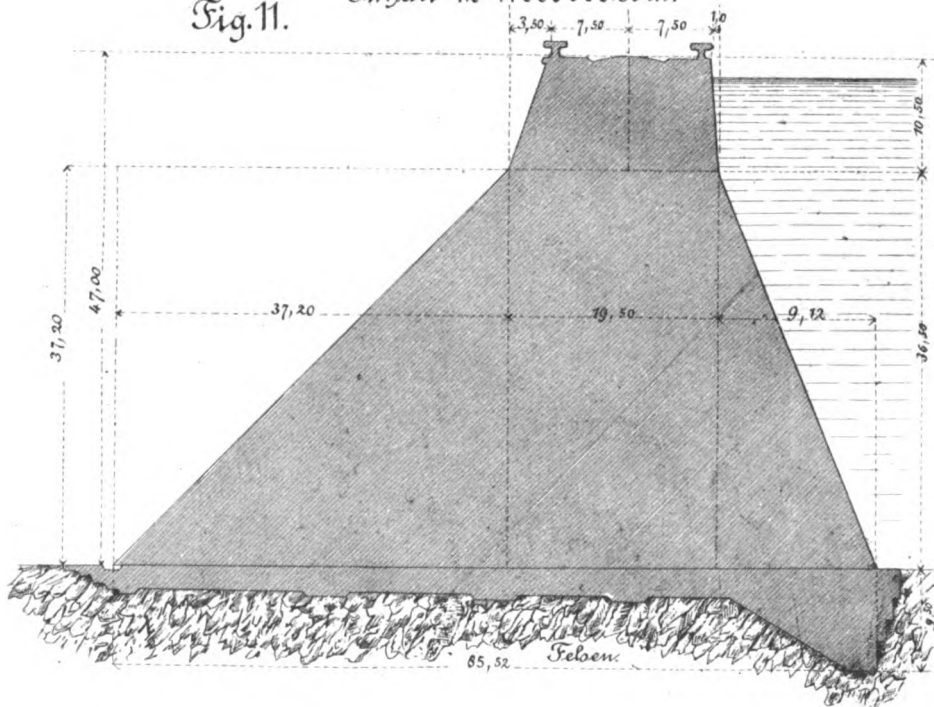
riedel bei Stadt Chemnitz.
t 36 0000 cbm.



Thalperre von Villar (Spanien.)
Inhalt 16 500 000 cbm.



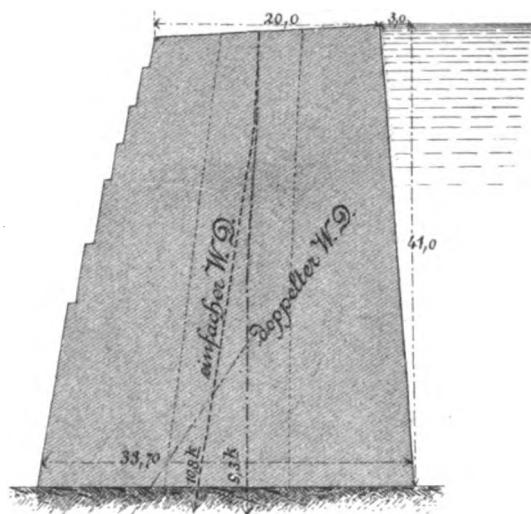
Gileppe-Thalperre bei Verviers (Belgien.)
Fig. 11. Inhalt 12-14 000 000 cbm.



Lith. Anst. v. Steinmetz & Bornemann, Meissen.

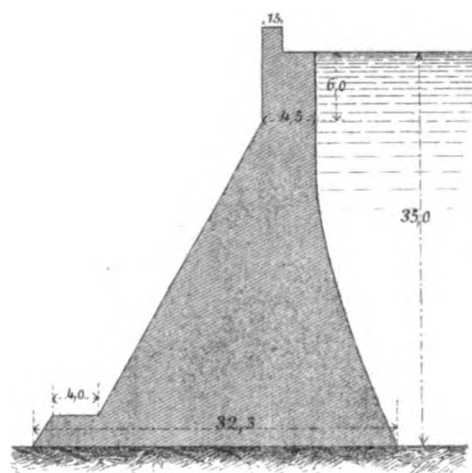
Thalperre von Alicante. (Spanien.)

Fig. 6.



Thalperre von Hubra. (Algier.)

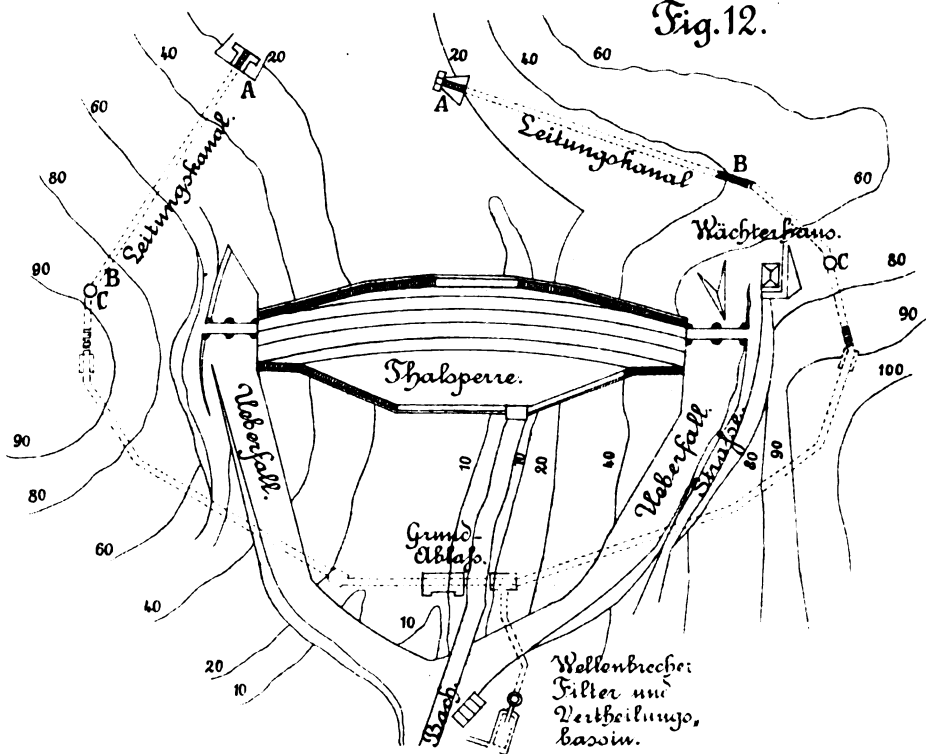
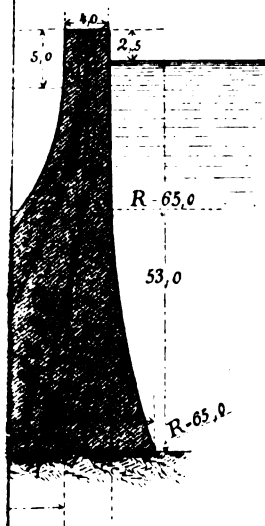
Fig. 10.



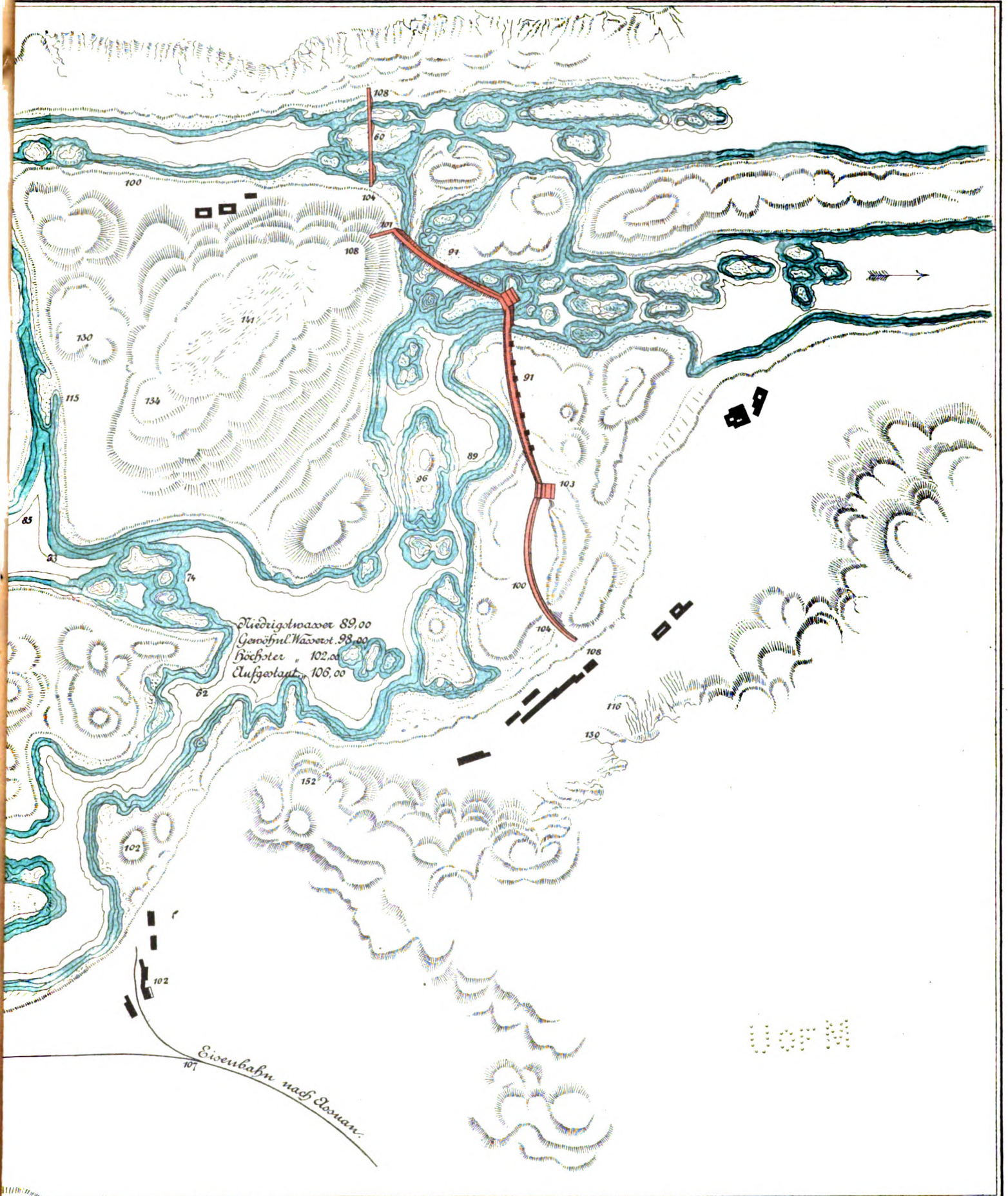
Situation der Gilippe-Thalperre bei Verviers.

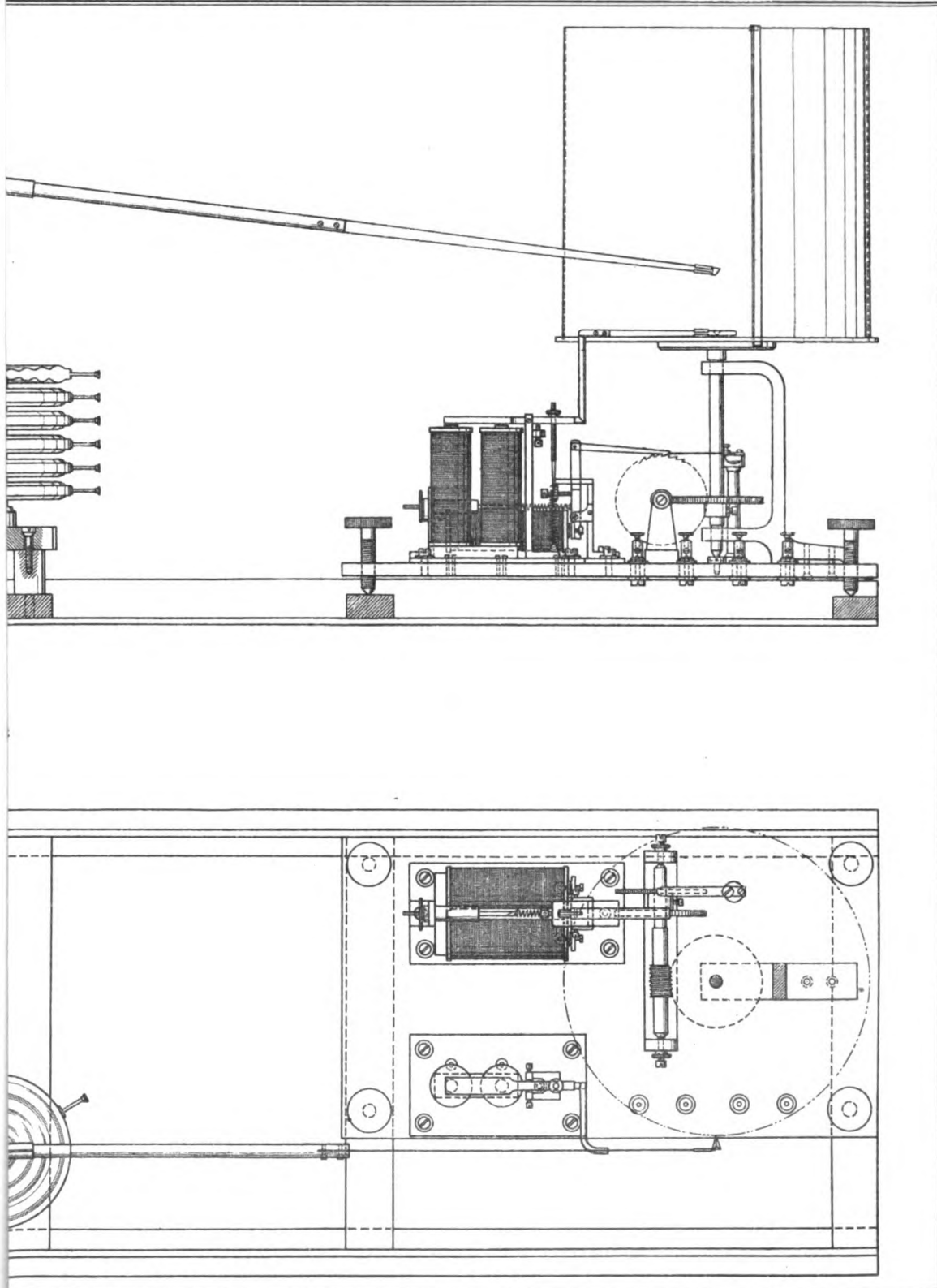
Fig. 12.

Thalperre nach
Zalacher.



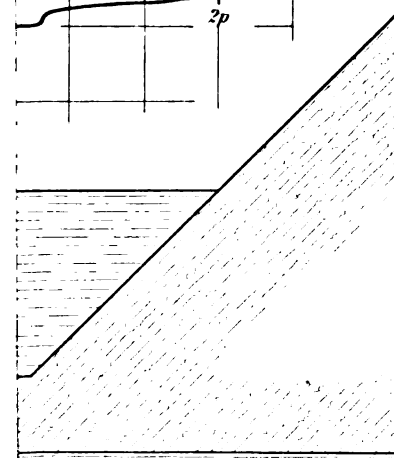
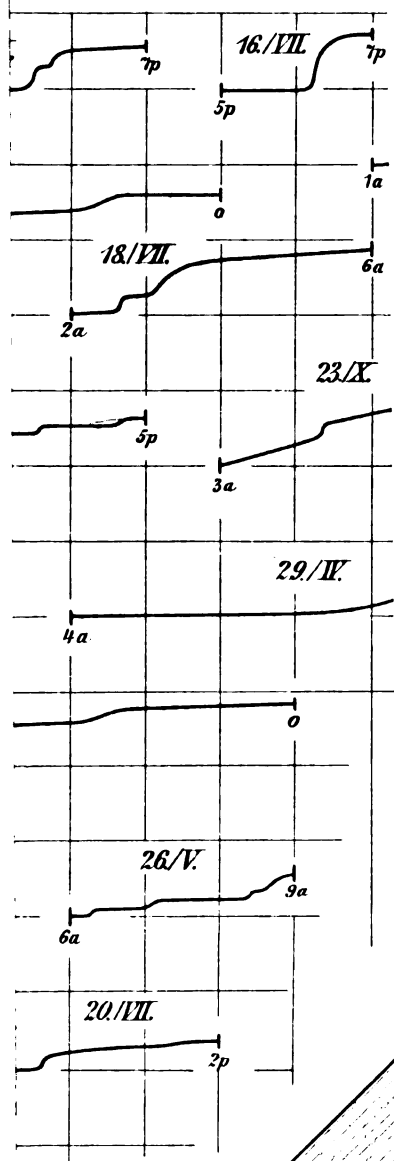
Lith. Anst. v. Steinmetz & Bornemann, Mannheim





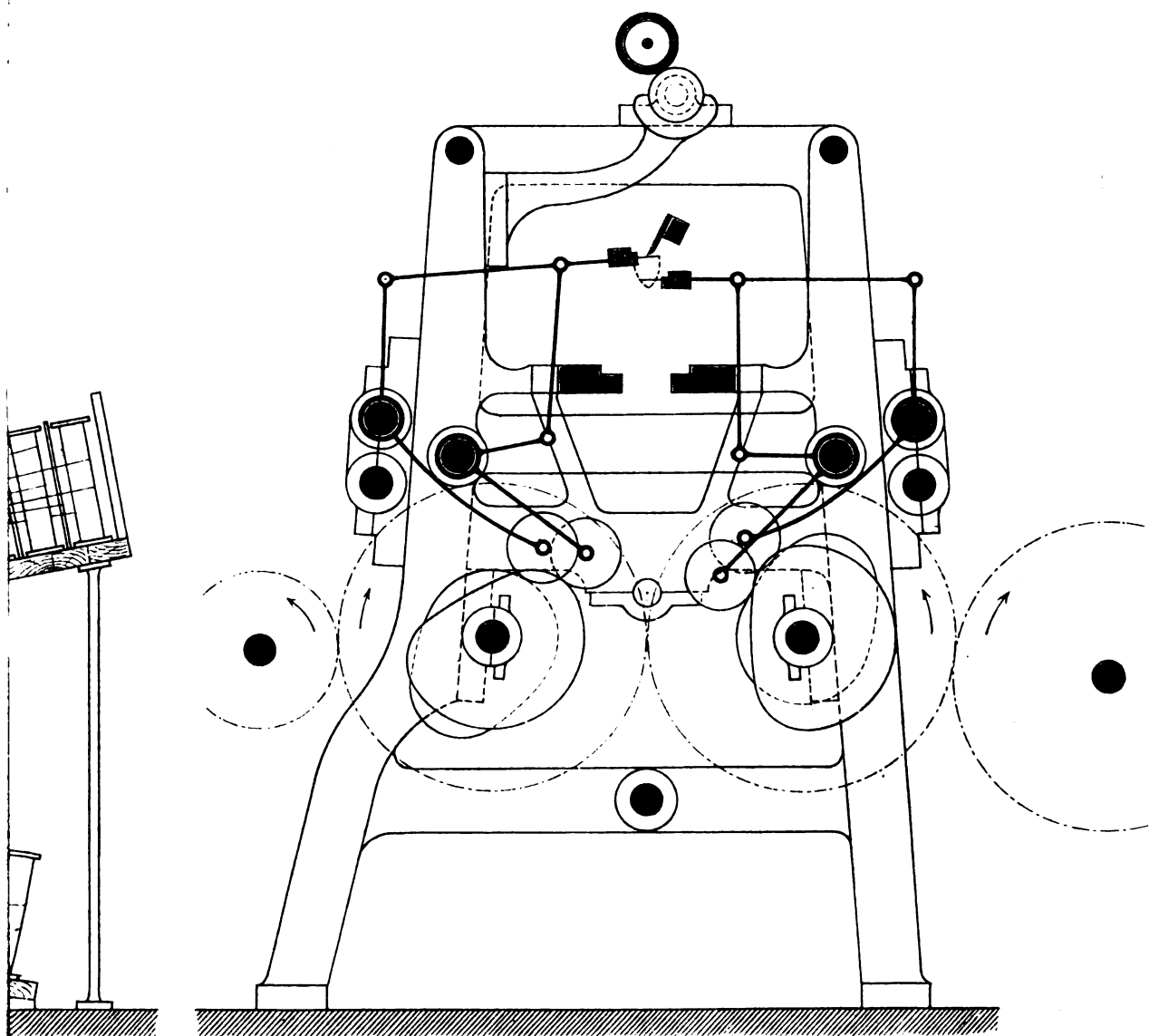
Paul Herrmann, Dresden.

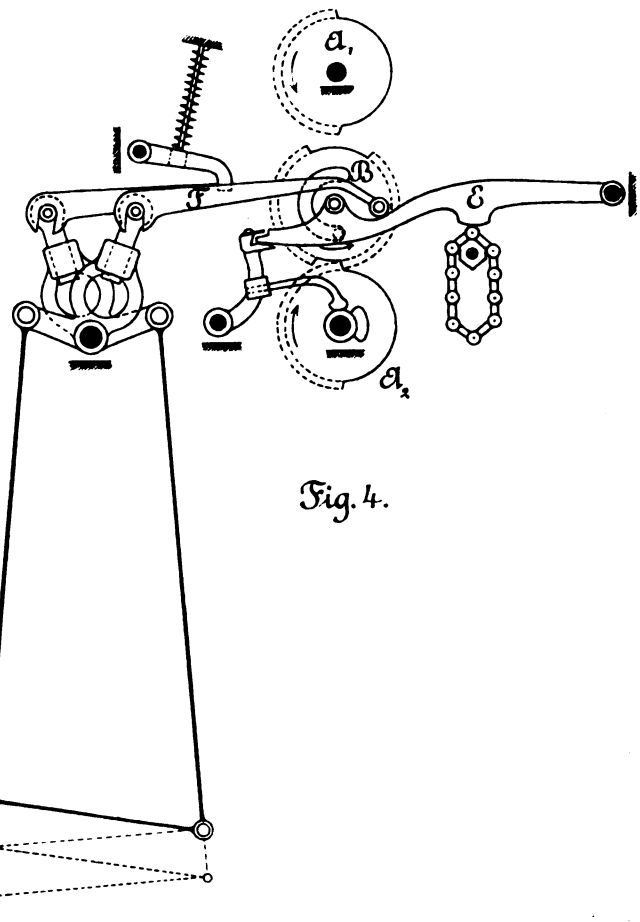
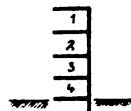
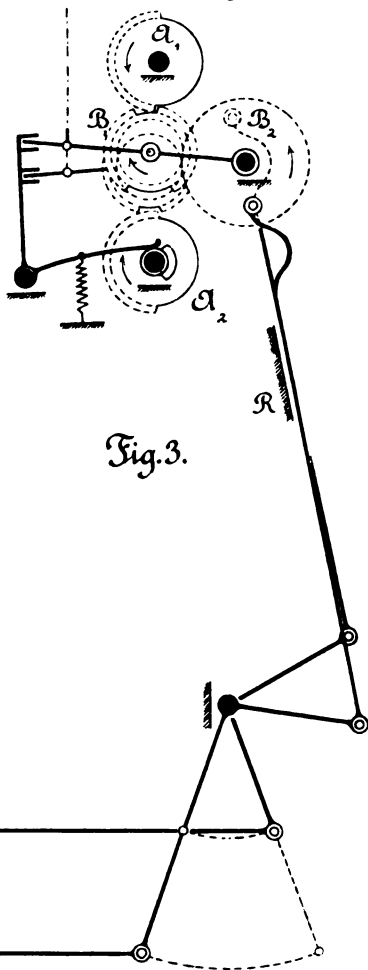
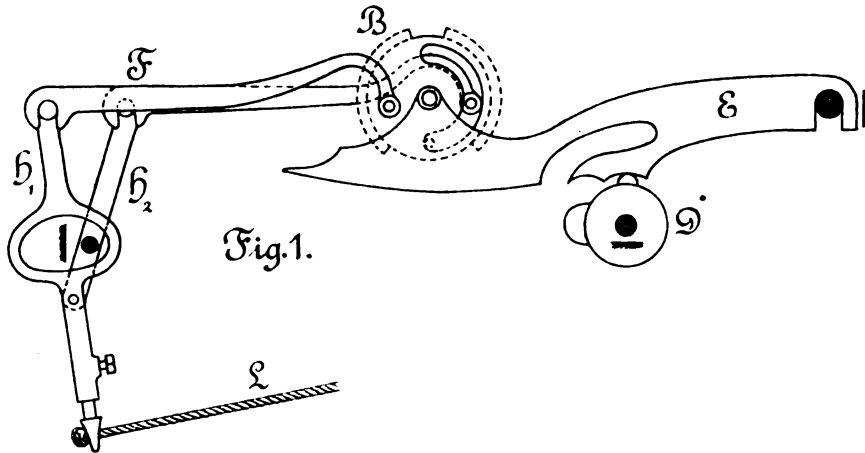
R: REGISTRIRENDE R

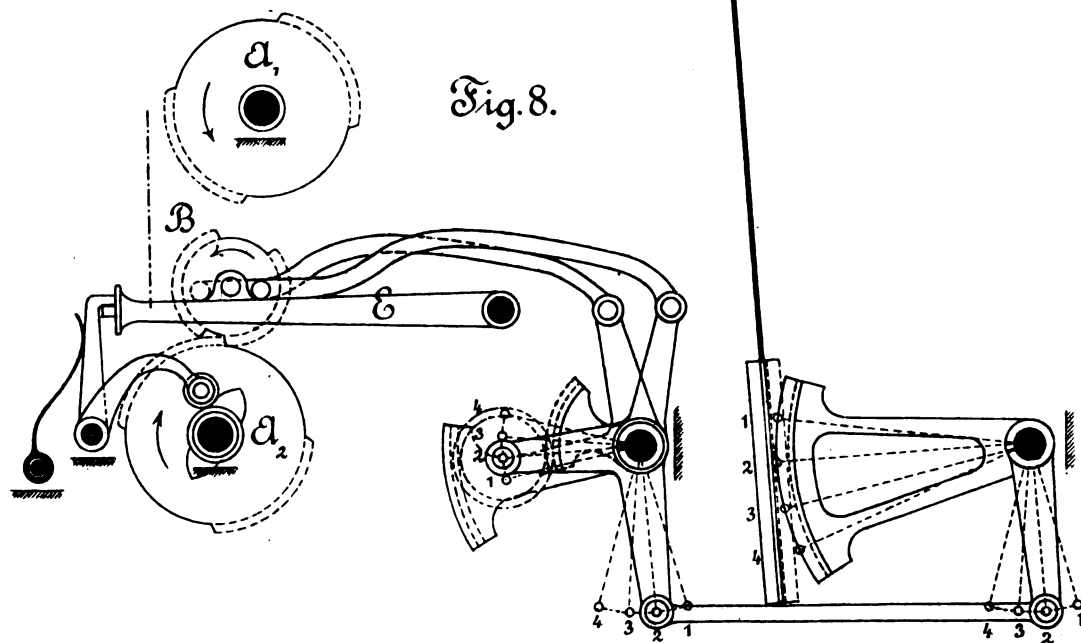
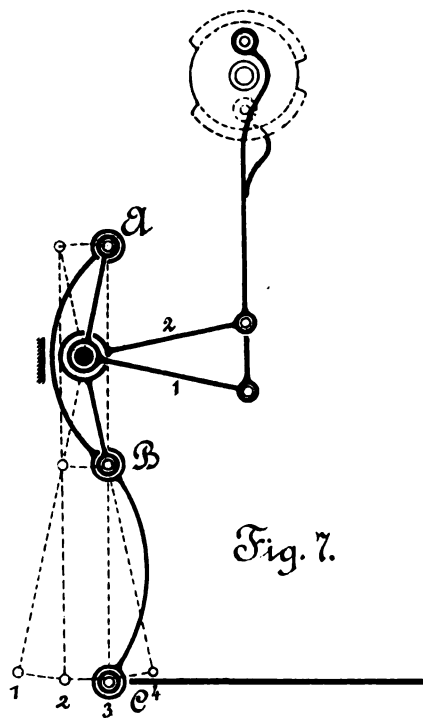


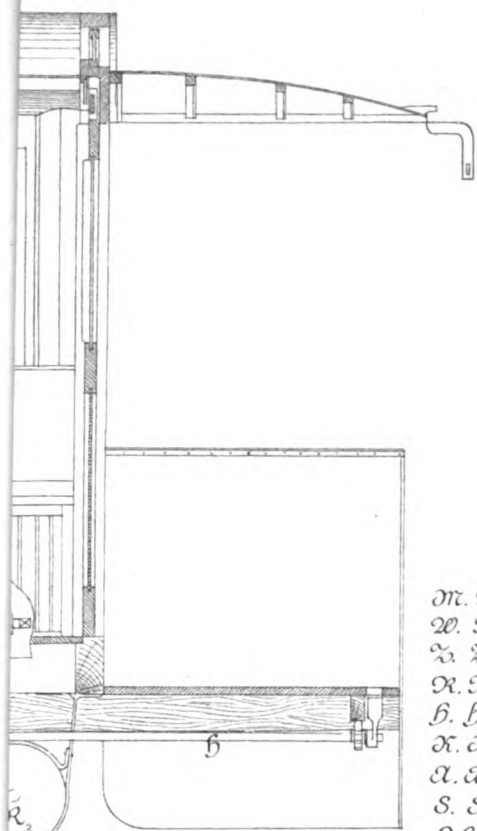
Lithographie und Druck von Paul H

Bewegungomechanismus der Nadelstangen.

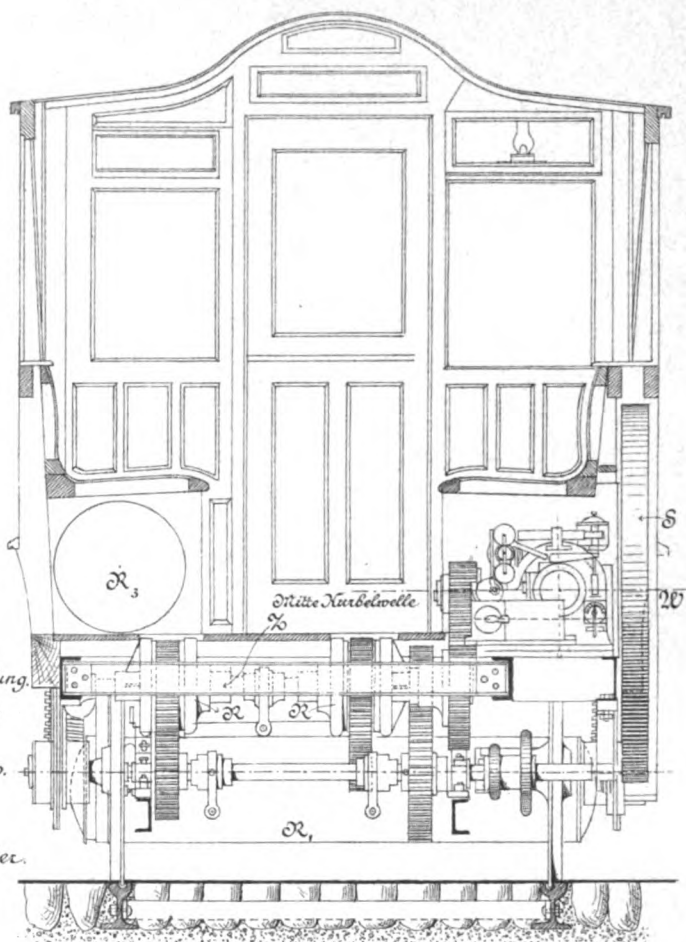




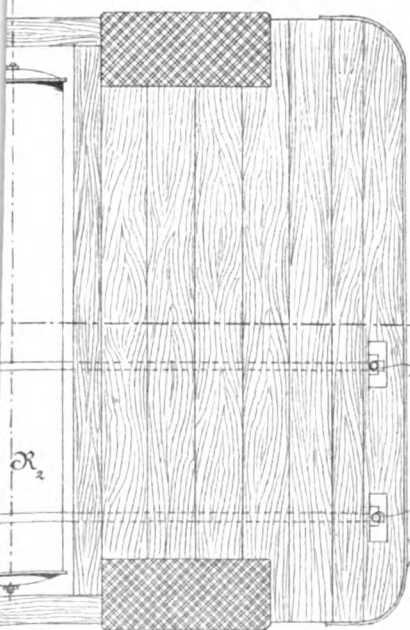




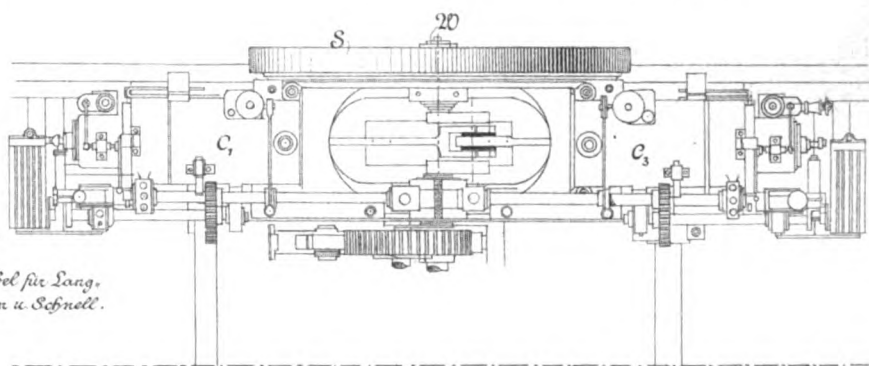
- M. Motor.
- W. Motorwelle.
- Z. Zwischenwelle.
- R. Reibungskupplung.
- H. Hebelverbindung.
- K. Kettenrädchen.
- A. Achsen d. Wagens.
- S. Schneurad.
- C, C₁, C₂ Cylinder.
- X, X₁, X₂ Gasbehälter.



Querschnitt des Wagens.



- Hebel für Lang- und Rückwärts.
- Hebel für Vor- und Rückwärts.
- Bremse mit Signalglocke.



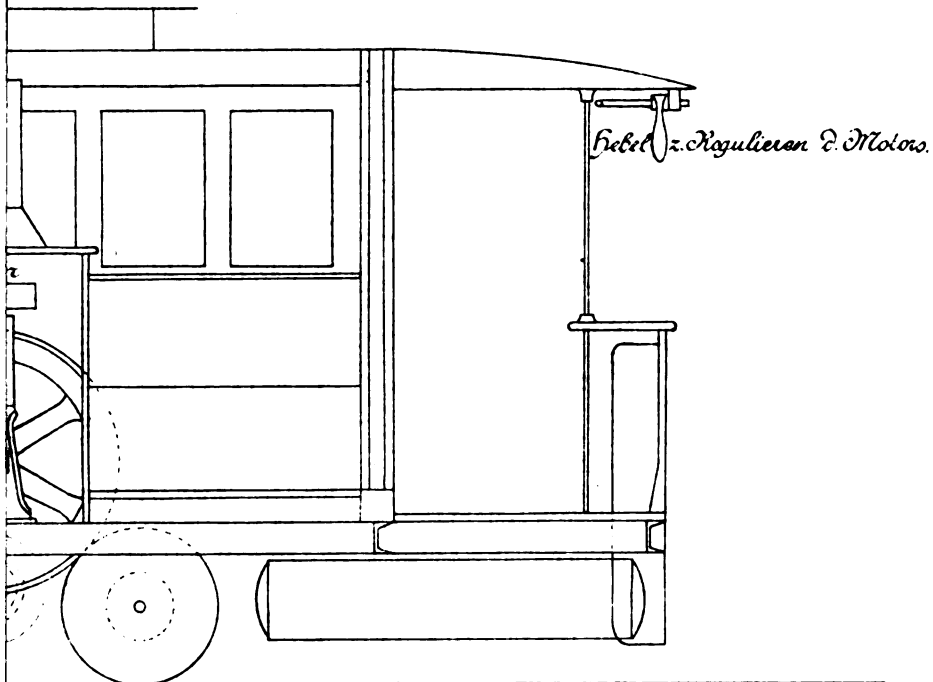
Grundriss des Motors.

Gasmotorwagen der Gas Traction Company
zu Dresden.

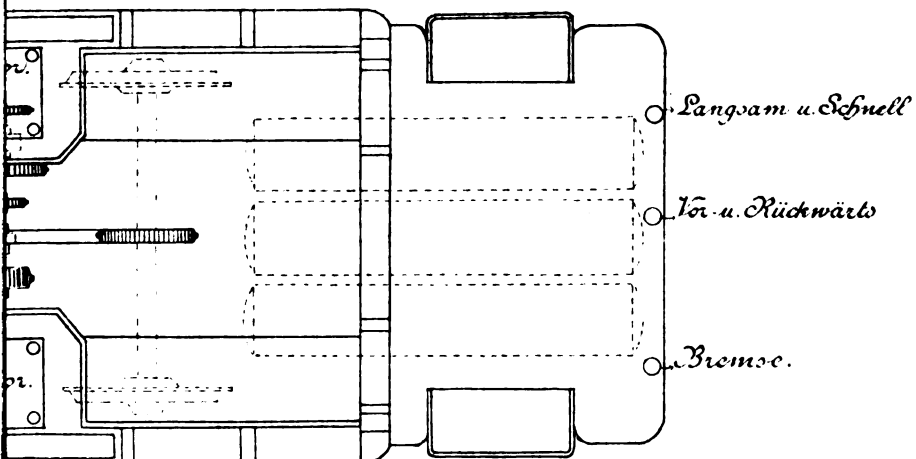
Maßstab 1:25.



nitt.



if.



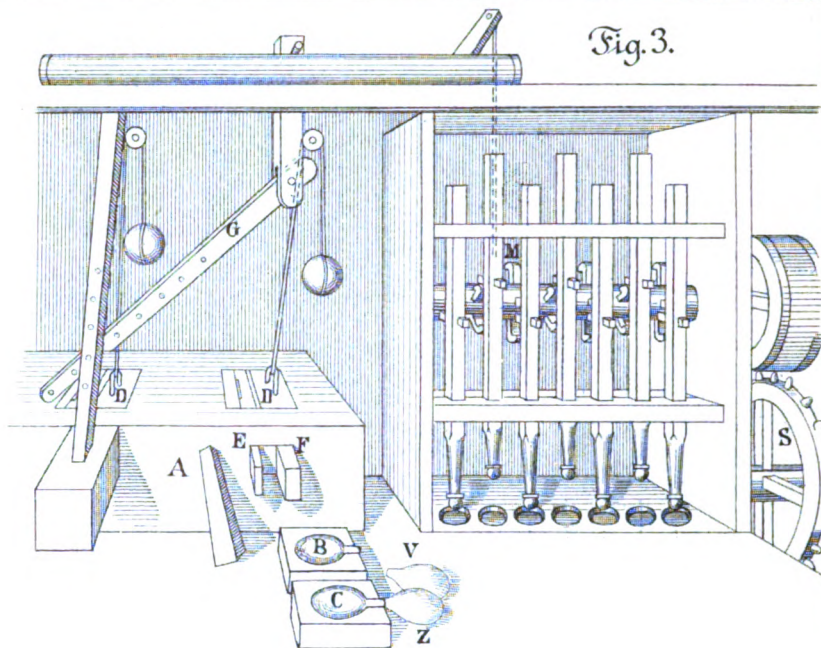
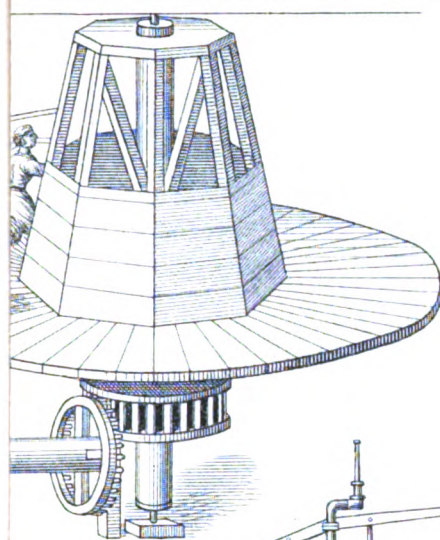


Fig. 3.

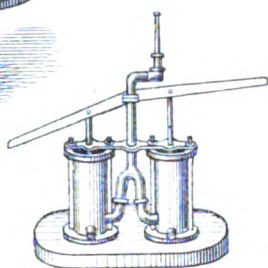


Fig. 4.

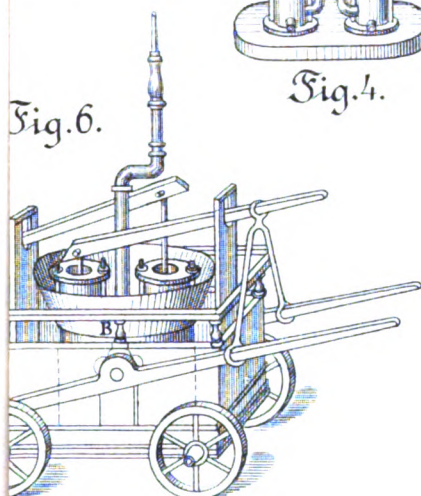


Fig. 6.

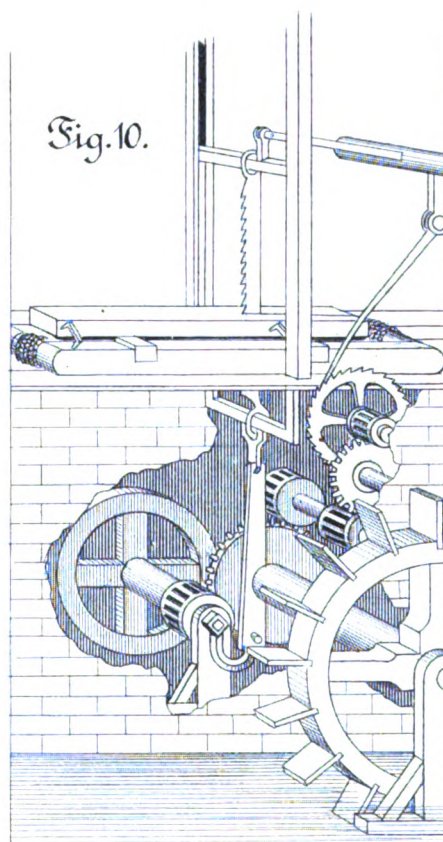


Fig. 10.

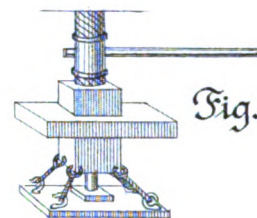


Fig. 12.

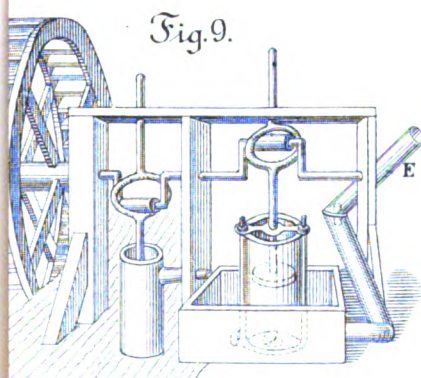


Fig. 9.

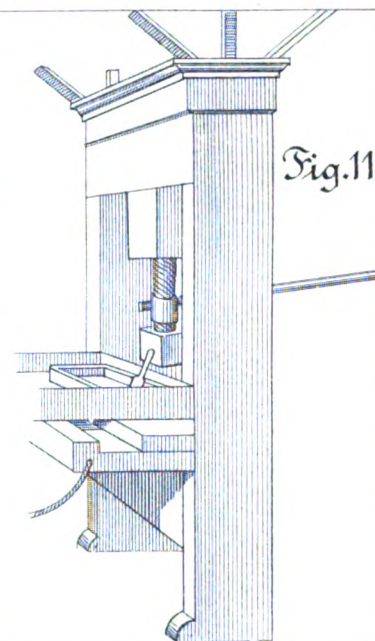
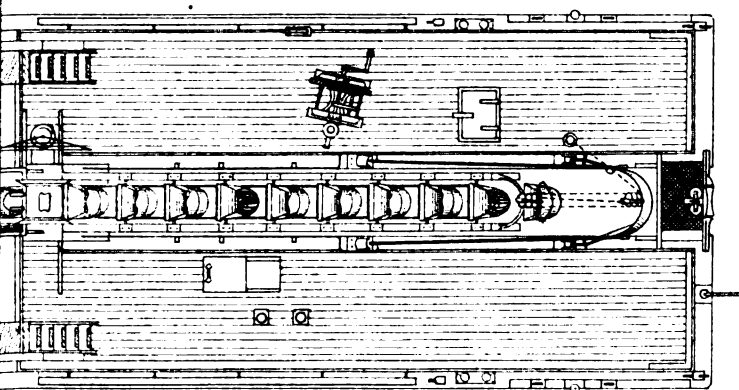
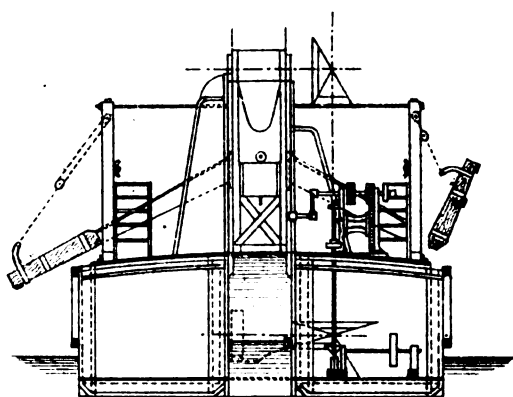
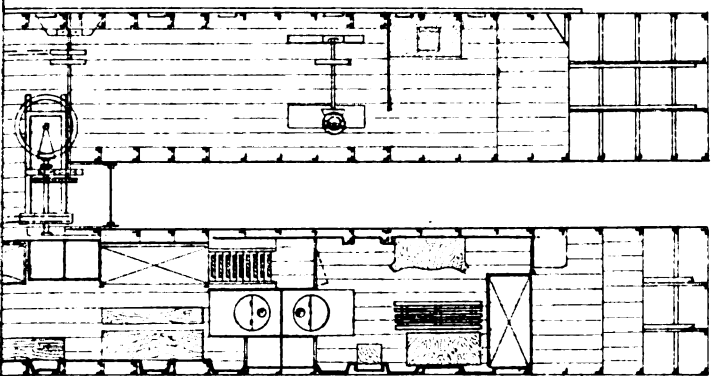
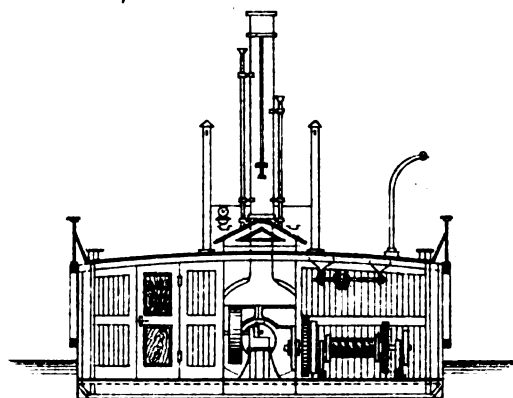
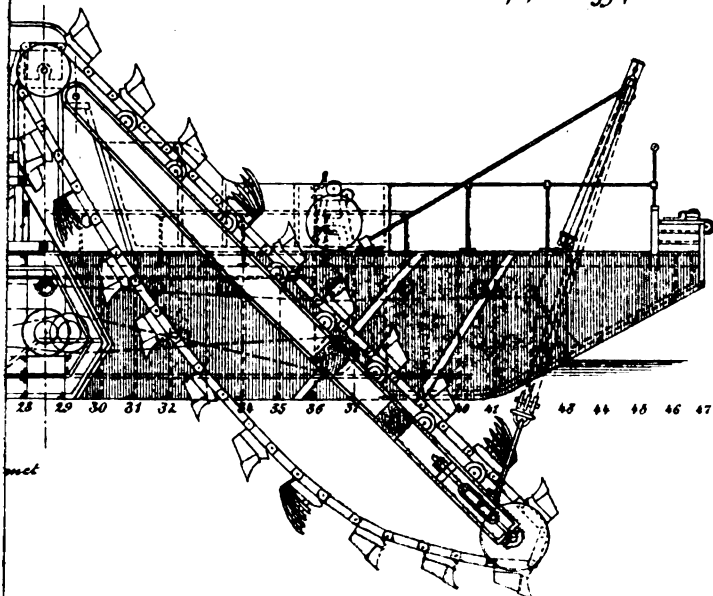


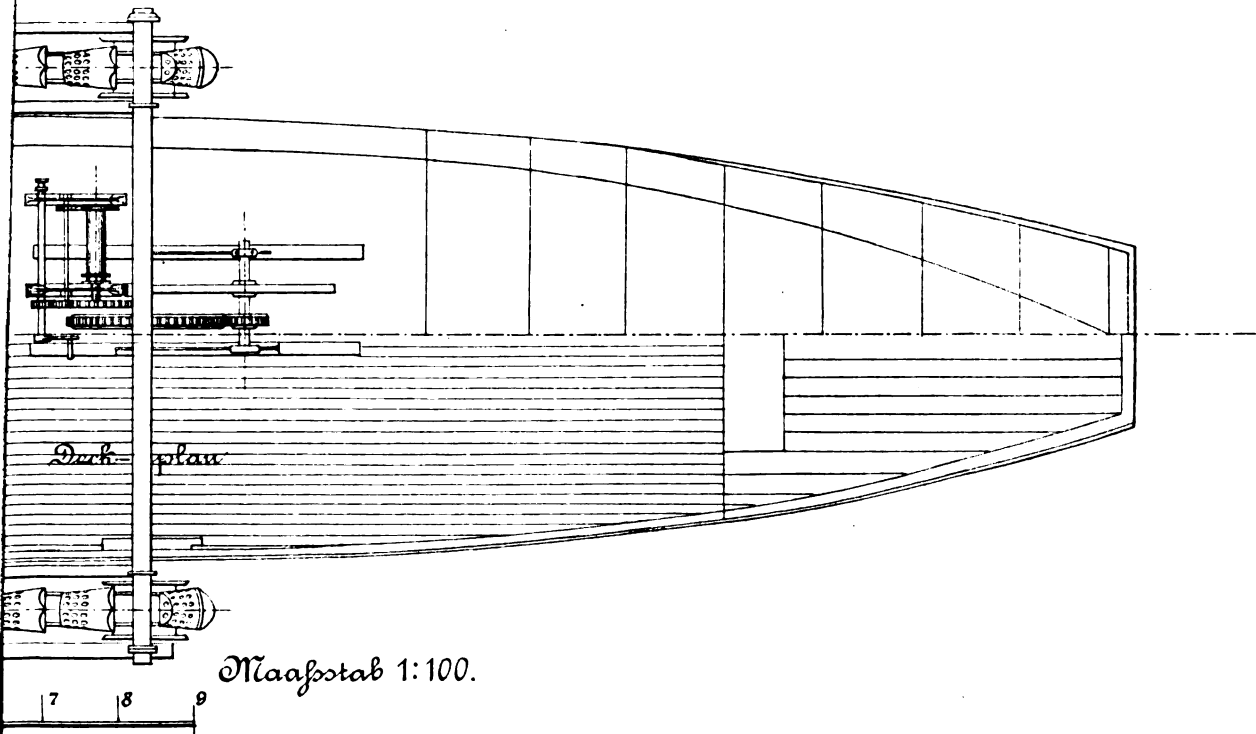
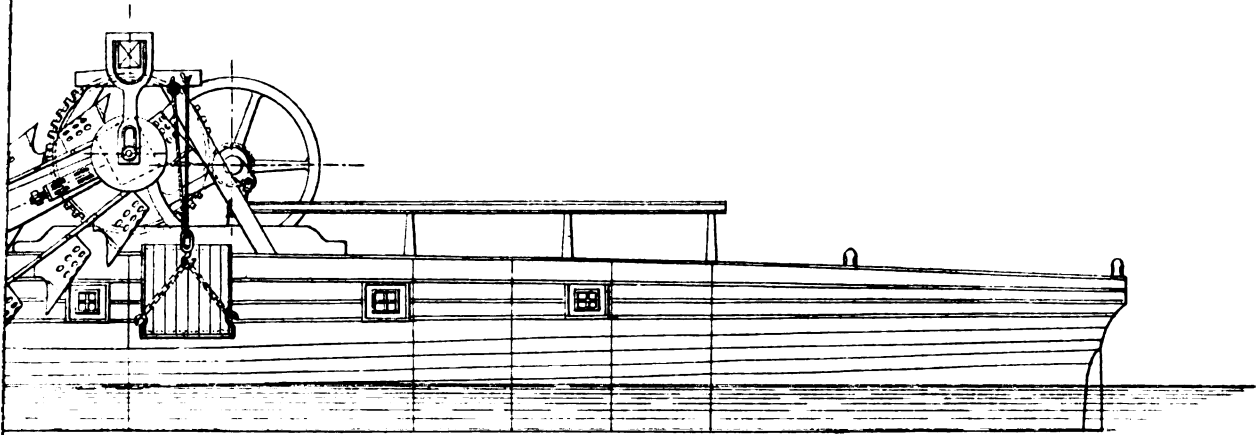
Fig. 11.

Bagger IV.

(Bauanotalt d. Östr. N. W. Dampfschiff-fahrts - Gesellschaft)

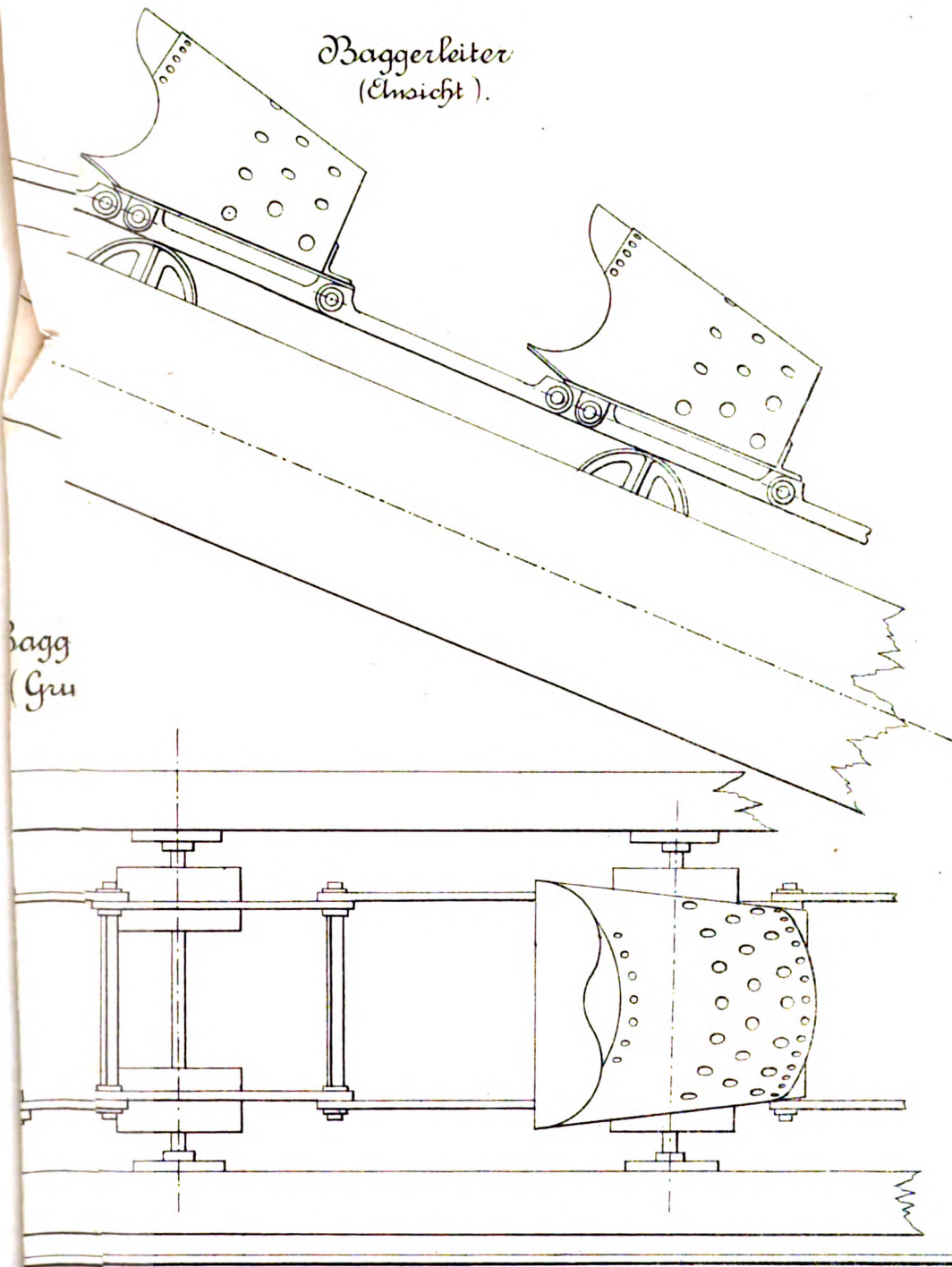


iger III
 eiei u. Maschinenanstalt vorm. F. S. & E. Jacobi.



Dampfbagger III.

Baggerleiter
(Ansicht).

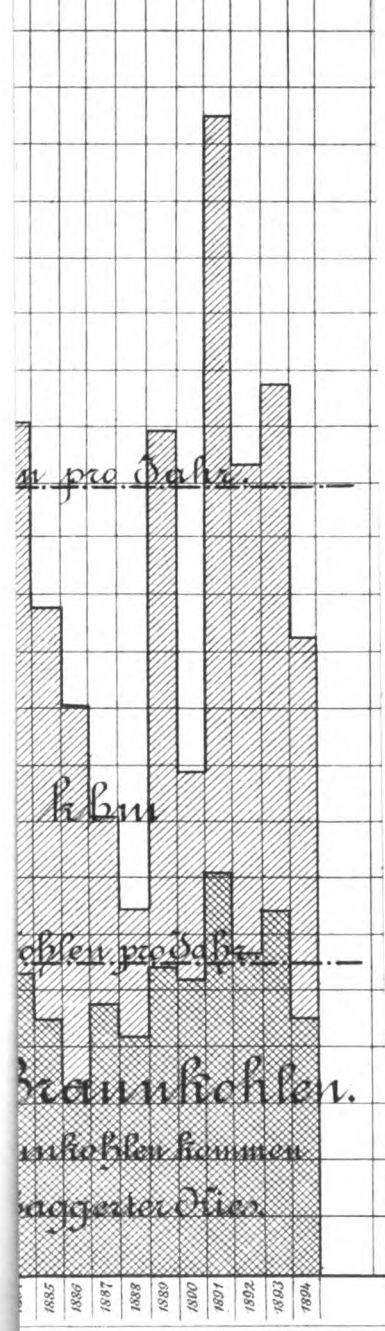


Lith. Anst. Steinmetz & Bornemann, Meissen.

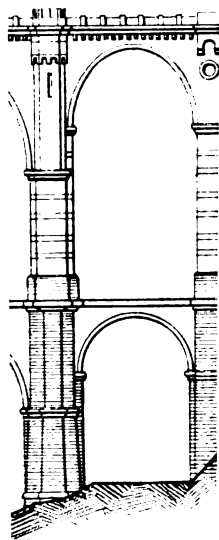
Betrieb

1875-94 und de
v  und ver

er No. II.



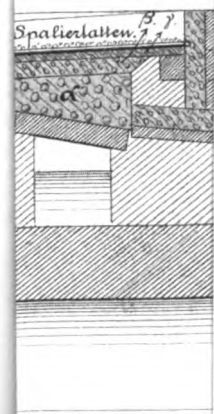
Nulden



e.f.



g-h.



UNIV. OF MICH.

MAR 30 1966

RECEIVED

UNIVERSITY OF MICHIGAN



3 9015 08005 2072

